NOVA ACTA

ACADEMIAE CAESAREAE LEOPOLDINO-CAROLINAE GERMANICAE NATURAE CURIOSORUM.

TOMUS LXXXI.

CUM TABULIS XXI.

Abhandlungen

der

Kaiserlichen Leopoldinisch-Carolinischen Deutschen Akademie der Naturforscher.

81. Band.

Mit 21 Tafeln.

Halle, 1903.

Buchdruckerei von Ehrhardt Karras in Halle a. S.

Für die Akademie in Commission bei W. Engelmann in Leipzig.

HARVARD UNIVERSITY.

LIBRARY

OF THE

MUSEUM OF COMPARATIVE ZOÖLOGY.

6254.

Exchange.

April, 13, 1904.

NOVA ACTA

ACADEMIAE CAESAREAE LEOPOLDINO-CAROLINAE GERMANICAE NATURAE CURIOSORUM.

TOMUS LXXXI.

CUM TABULIS XXI.

Abhandlungen

der

Kaiserlichen Leopoldinisch-Carolinischen Deutschen Akademie der Naturforscher.

LIBRARY

81. Band.

Mit 21 Tafeln.

Halle, 1903.
Buchdruckerei von Ehrhardt Karras in Halle a. S.

Für die Akademie in Commission bei W. Engelmann in Leipzig.

Seiner Majestät

Wilhelm II.

Deutschem Kaiser und Könige von Preussen

ihrem hohen Schirmherrn

dem erhabenen Gönner und Beförderer aller wissenschaftlichen Arbeit
des deutschen Volkes

widmet die

Kaiserliche Leopoldinisch-Carolinische Deutsche Akademie
der Naturforscher

diesen einundachtzigsten Band ihrer Abhandlungen

durch den Vorsitzenden

Dr. **Karl von Fritsch.**

Inhalt des LXXXI. Bandes.

I. **Reinhold Riedlinger:** Untersuchungen über den Bau von Styelopsis grossularia der Ostsee . . . . . S. 1—62. Taf. I—VI.

II. **Karl W. Verhoeff:** Beiträge zur vergleichenden Morphologie des Thorax der Insekten mit Berücksichtigung der Chilopoden . . . . . S. 63—124. Taf. VII—XIII.

III. **Hugo Buchholz:** Die Gyldén'sche horistische Integrationsmethode des Problems der drei Körper und ihre Convergenz . . . . . S. 125—209.

IV. **Karl W. Verhoeff:** Ueber Tracheaten-Beine. Vierter und Fünfter Aufsatz: Chilopoda und Hexapoda . . . . . S. 211—256. Taf. XIV—XVII.

V. **Karl W. Verhoeff:** Ueber die Endsegmente des Körpers der Chilopoden, Dermapteren und Japygiden und zur Systematik von Japyx . . . . . S. 257—302. Taf. XVIII u. XIX.

VI. **Gustav Pietzmann:** Die Beobachtungen der Lufttemperatur während der totalen Sonnenfinsterniss vom 22. Januar 1898 in Indien . . . . . S. 303—378. Taf. XX u. XXI.

Vorstand der Kaiserlichen Leopoldinisch-Carolinischen Deutschen Akademie der Naturforscher.

Gegründet am 1. Januar 1652. Deutsche Reichsakademie seit dem 7. August 1687.

Präsidium.

K. Freiherr von Fritsch in Halle a. S., Präsident. | **A. Wangerin** in Halle a. S., Stellvertreter.

Adjunkten.

I. Kreis: **J. Hann** in Wien;
E. Mach in Wien;
G. Stache in Wien.
II. Kreis: **E. Wiedemann** in Erlangen;
R. Hertwig in München.
III. Kreis: **K. B. Klunzinger** in Stuttgart.
IV. Kreis: **A. Weismann** in Freiburg.
V. Kreis: **G. A. Schwalbe** in Strassburg.
VI. Kreis: **R. Lepsius** in Darmstadt.
VII. Kreis: **E. Strasburger** in Bonn.
VIII. Kreis: **M. H. Bauer** in Marburg.
IX. Kreis: **E. H. Ehlers** in Göttingen.
X. Kreis: **K. Brandt** in Kiel.
XI. Kreis: **A. Wangerin** in Halle.
XII. Kreis: **E. Abbe** in Jena.
XIII. Kreis: **C. Chun** in Leipzig;
F. Zirkel in Leipzig.
XIV. Kreis: **A. Ladenburg** in Breslau.
XV. Kreis: **F. Freiherr v. Richthofen** in Berlin;
C. A. Jentzsch in Berlin.

Sektionsvorstände und deren Obmänner.

I. Mathematik und Astronomie:

J. Lüroth in Freiburg, Obmann;
R. Helmert in Potsdam;
G. Cantor in Halle.

II. Physik und Meteorologie:

G. B. von Neumayer in Neustadt a. H., Obmann;
E. Riecke in Göttingen;
E. Mach in Wien.

III. Chemie:

O. Wallach in Göttingen, Obmann;
H. Landoldt in Berlin;
J. Volhard in Halle.

IV. Mineralogie und Geologie:

K. Freiherr von Fritsch in Halle, Obmann;
F. Zirkel in Leipzig;
H. Credner in Leipzig.

V. Botanik:

H. G. A. Engler in Berlin, Obmann;
S. Schwendener in Berlin;
F. Buchenau in Bremen.

VI. Zoologie und Anatomie:

A. von Kölliker in Würzburg, Obmann;
F. E. Schulze in Berlin;
E. H. Ehlers in Göttingen.

VII. Physiologie:

C. von Voit in München, Obmann;
S. Exner in Wien;
W. Engelmann in Berlin.

VIII. Anthropologie, Ethnologie und Geographie:

F. Ratzel in Leipzig, Obmann;
F. Freiherr von Richthofen in Berlin;
C. G. Gerland in Strafsburg.

IX. Wissenschaftliche Medicin:

E. von Leyden in Berlin, Obmann;
H. Nothnagel in Wien;
H. Waldeyer in Berlin.

NOVA ACTA.

Abh. der Kaiserl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher

Band LXXXI. Nr. 1.

Untersuchungen

über den Bau von

Styelopsis grossularia

der Ostsee.

Von

Reinhold Riedlinger.

Aus dem Zoologischen Institut der Universität Rostock.

Mit 6 Tafeln Nr. I—VI.

Eingegangen bei der Akademie am 3. Februar 1902.

HALLE.

1902.

Druck von Ehrhardt Karras, Halle a. S.

Für die Akademie in Commission bei Wilh. Engelmann in Leipzig.

Inhalts-Uebersicht.

Seite

Einleitung 5
I. Allgemeine Körperbeschaffenheit 9
II. Cellulose-Mantel 12
III. Ektoderm 17
1. Ektodermales Hautepithel 17
2. Epithel der beiden Körperöffnungen 18
3. Tentakel 20
VI. Nervensystem 21
1. Gehirnganglion 21
2. Nervenstränge 22
3. Ganglienzellstrang 23
4. Flimmergrube 25
5. Neuraldrüse 26
V. Kiemendarm 28
1. Präbranchialzone des Kiemendarms 28
2. Flimmerbogen 28
3. Endostyl 29
4. Dorsalfalte 31
5. Hinterwand des Kiemendarms 32
6. Kiemen 33
VI. Verdauungstractus 37
VII. Peribranchialräume und Kloake 43
VIII. Mesoderm und primäre Leibeshöhle 49
IX. Herz und Pericardium 51
X. Geschlechtsorgane 52
Litteratur 57
Erklärung der Abbildungen 59
Buchstaben-Erklärung 61

Einleitung.

Die verschiedenen im letzten Decennium veröffentlichten Abhandlungen über die Monascidie *Styelopsis grossularia* der Nordsee und des Oceans liessen es wünschenswerth erscheinen, auch einmal unsere einheimische in der Ostsee vorkommende Ascidie, die in der deutschen Literatur kaum mehr als dem Namen nach angeführt ist, einer genaueren Untersuchung zu unterziehen.

Dieser Aufgabe unterzog ich mich auf Anregung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Professor Dr. Seeliger, dem ich für seine liebenswürdige Unterstützung und wohlwollende Förderung zu aufrichtigstem Danke verpflichtet bin.

Das den vorliegenden Untersuchungen zu Grunde liegende Material wurde grösstentheils von mir selbst eingefangen, theils war es bereits conservirt und in früheren Jahren vom Zoologischen Institut eingesammelt worden. Meine Excursionen führte ich 3—8 Seemeilen vor Warnemünde aus, wobei ich mich ausschliesslich des Schleppnetzes bediente, mit welchem ich das Kraut aus einer Tiefe bis zu 30 m vom Meeresgrunde zu Tage förderte. Leider floss mir bei meinen vielen Seefahrten das Material nicht immer in gewünscht reichlichem Maasse zu.

Zur vollkommenen Einführung halte ich es an dieser Stelle für nothwendig, die Geschichte der Species in kurzen Zügen zu schildern. Das Thier findet zum ersten Male Erwähnung in der Zoologia danica von O. F. Müller[1]) im Jahre 1788 unter dem Namen „*Ascidia rustica*“. Der Verfasser dieses Werkes giebt ein kleines buntes Bild von dem rothen, auf einer Alge gleicher Farbe sitzenden Thierchen. Der nächste Autor, der in

Wort und Bild unsere Ascidie auf einer Austerschale sitzend als „*Ascidia grossularia*“ darstellt, ist P. J. van Beneden[2]) 1846. Ueber „*Cynthia grossularia*“ finden sich später kurze Bemerkungen bei den englischen Forschern Forbes und Hanley[3]) (1853), Alder[4]) (1863) und W. Herdmann[5]) (1882). Kupffer[6]) führt sie unter demselben Namen in seinem Werke: „Ueber die zoologischen Ergebnisse der Nordseefahrt vom Jahre 1874“ auf und giebt eine kurze Beschreibung von ihr. In seinem 1882 veröffentlichten dänischen Werke giebt sodann M. Traustedt[10]) eine ziemlich präcise, bis dahin die vollständigste Beschreibung unserer Ascidie und schlägt als Gattungs-Namen „*Stylopsis*“ vor, während er den Species-Namen „*grossularia*“ von P. J. Van Beneden beibehalten wissen will. Er giebt nachstehende Diagnose von *Stylopsis*: „Apertura oris et cloacalis in 4 locos fissae. Tentacula simplicia. Saccus bronchialis 1 plica in latere dextro, nulla in sinistro. Organa genitalia solum in latere dextro adsunt.“ Somit wurde unsere Ascidie, wenn ich mich so ausdrücken darf, zum ersten und letzten Male von dänischen Forschern mit nordischem Wasser getauft. Nachdem wurde *Stylopsis grossularia* ein Pflegekind französischer Forscher, indem Charles Julin (1892)[15]) und (1893)[16]) und Lacaze-Duthiers und Delage (1792)[14]) den kleinen Meeresbewohner ihrer französischen Küste schilderten. Letztere beiden Forscher geben zum ersten Mal auch wieder einige Abbildungen von unserer Species. Sie stellen sie in die Subfamilie (Tribus) der Styelinen, die mit der der Cynthiinen die Familie der Cynthiiden bildet.

Wie die meisten Ascidien, so besitzt auch *Stylopsis grossularia* in hervorragender Weise die Eigenthümlichkeit grossen individuellen Variirens, was Lacaze-Duthiers und Delage in ihrem jüngst erschienenen Werke[14]) veranlasst hat, zwei Formen: eine solitäre (forme solitaire) und eine aggregirte (forme sociale) zu unterscheiden. Als Zwischenglied stellen diese Autoren die junge sociale Form auf, von der sie sagen, dass sie fast vollkommen identisch sei mit der alten solitären.

Charles Julin, der die weitgehendsten und ausführlichsten Beschreibungen von *Stylopsis grossularia* gab, hat auch in seinem letzten Werke diese Scheidung nicht gemacht. Als die ersten Autoren, die eine Scheidung in zwei Formen angedeutet hätten, nennen Lacaze-Duthiers

und Delage Forbes und Hanley[3]) und Alder[4]). Letzterer schildert die grosse Variabilität in seiner „British Tunicata" ungefähr folgendermaassen: „Cynthia grossularia ist eine überaus variirende Species von sehr wechselndem Aussehen je nach Lage und Umständen, so dass wir manchmal auf den Gedanken gekommen sind, sie stelle in Wirklichkeit mehr als eine Species dar. Wenn sie isolirt leben, sind sie mehr abgeflacht, und der Mantel dehnt sich an der Basis in eine dünne Membran aus. An geschützten Stellen dagegen sind die Thiere in so dichten Massen angehäuft, dass sie sich nur nach der Höhe ausdehnen können und mit ihren Seitenwänden zusammenhängen müssen. Unter diesen Umständen kommt es oft vor, dass das junge Thier sich an der Oberfläche der Mutter festsetzt, derart, dass es auf den ersten Anblick wie eine Knospe der letzteren aussieht. Selbst wenn die Thiere freier stehen, so fährt dieser Gewährsmann fort, haben sie manchmal das Bestreben, sich zu vereinigen und zusammen zu wachsen, indem sie ihre Basis erweitern. In jedem Falle aber gestattet eine genauere Untersuchung, deutlich ihre Vereinigungslinie festzustellen."

Es meint also Alder, dass die sociale Form bedingt sei durch äussere Lebensbedingungen, während Lacaze-Duthiers und Delage annehmen, dass diese nur zum Theil die Form bestimmen und dass andererseits schon gewisse Verschiedenheiten der Eier vorhanden sein müssten, die die Entwicklung zur solitären oder socialen Form bedingen.

Meine Untersuchungen sind fast ausschliesslich an solitären Formen ausgeführt worden und nur eine Gruppe aggregirt stehender Thiere, die, auf einem lebenden Fusus sitzend, im Jahre 1888 eine Seemeile östlich von Gjedser Feuerschiff in einer Tiefe von 20 m gefangen wurden, stand mir zur Verfügung. Ich habe dieses Stück in toto in Figur 3 wiedergegeben, während die folgenden Bilder (Fig. 4—7) einzelne Thiere dieser Gruppe darstellen. Unter diesen auf der Schnecke sitzenden Thieren kann man drei verschiedene Formen unterscheiden. Einmal die grossen isolirt sitzenden Thiere, die bald eine mehr typische solitäre, ovale Form (Fig. 4), bald eine mehr ausgesprochene sociale, cylindrische Form (Fig. 5 und 6) aufweisen. Dann die noch ganz kleinen auf den grossen sitzenden Thiere, die, wie schon die französischen Autoren annahmen, durchweg das Aussehen von jugendlichen solitären Formen besitzen. Diese kleinen ovalen

Thiere sind durchsichtig und markiren sich im Bilde als hellere Stellen (Fig. 3—6).

Endlich fand ich noch ein einzelnes Exemplar (Fig. 7) einer typisch socialen Form, das auf einer ähnlich gestalteten gleich grossen und gleich alten Ascidie festsass.

Im Hinblick darauf, dass beide von Lacaze-Duthiers und Delage beschriebenen Formtypen durch alle möglichen Uebergangsstadien verbunden sind, und dass bei ein und demselben Thiere einige Organe solche Merkmale, die jene Autoren für die sociale Form als charakteristisch anführen, und andere Organe wieder vollkommen die für die solitäre Form zutreffenden Eigenschaften erkennen liessen, muss ich die Auffassung vertreten, dass die beiden Formen keine scharf umgrenzten Varietäten darstellen. Aus diesen Gründen werde auch ich, gleich Julin, keine gesonderten Beschreibungen für eine sociale und eine solitäre Form geben. Dass aber eine grosse Variabilität besteht, werde ich bei den nachfolgenden Besprechungen der einzelnen Organsysteme nachweisen können.

Bevor ich damit beginne, möchte ich noch kurz die von mir angewandten Hilfsmittel aufzählen. Meine Thiere tötete ich entweder gleich nach ihrer Einlieferung ab, oder ich brachte sie in grosse und gut durchlüftete Aquarien, wo ich sie je nach Bedarf noch längere Zeit liess. Im Allgemeinen vertrugen sie einen mehrtägigen Aufenthalt in den Gefässen auch ganz gut. Als Conservirungsmittel verwandte ich meist Chromsäure in 1 % Lösung, Sublimat oder Formol mit nachfolgender Härtung in aufsteigendem Alkohol. Mit sehr gutem Erfolge verwandte ich auch das von Lacaze-Duthiers und Delage vorgeschlagene Verfahren mit Chloralhydrat in einer Concentration von 1 : 250 Seewasser. In dieser Lösung leben die Thiere mehrere Tage, bis sie völlig gelähmt sind, ohne ihre natürliche Farbe zu verlieren. Sie lassen sich dann leicht conserviren, ohne sich zu contrahiren und merklich zu verändern. Als Farbstoffe verwandte ich Alaunkarmin, Boraxkarmin, Hämatoxylin und Orange G. Meine sämmtlichen Zeichnungen sind mit der Camera lucida entworfen worden.

I. Allgemeine Körperbeschaffenheit.

Wie erwähnt, zeigt die Körperform von *Styelopsis* sehr weitgehende individuelle Verschiedenheiten, die nach meiner Auffassung abhängen von der Art der Befestigung des Thieres. Mit Ausnahme der auf der Schnecke befestigten Gruppe und noch zweier auf Steinen festgehefteten Ascidien, sassen die von mir untersuchten Thiere auf Algen, so dass sie in der That wie rothe Beeren am Pflanzenkörper aussahen. Die Festheftungsstelle liegt stets ventral, jedoch ist sie öfters mehr oder weniger nach dem hinteren Körperende verschoben. Nimmt die Festsetzungsfläche fast die gesammte Ventralfläche ein, so entsteht die typisch solitäre Form, wie sie die Mehrheit meiner Thiere aufwies. Die Festsetzungsstelle ist in diesem Falle meist mehr länglich oval. Auch die Körpergestalt ist dann dementsprechend elliptisch (Fig. 1, 2 und 4). Zuweilen ist die Basis der Befestigung so gross und der Mantel am Rande so stark verbreitert, dass das gesammte Thier sehr flach wird. Eine solche breite Basis finden wir namentlich bei Thieren, die auf den mehr blattartigen Theilen der Algen oder den glatten Flächen der Steine oder einer Muschel sitzen. Auch auf den stengelartigen Gebilden der Pflanzen sitzen die Ascidien gewöhnlich mit sehr ausgedehnter Basis auf, indem sie den Pflanzenstiel meist völlig umwachsen, zuweilen sogar denselben vollkommen in ihr Mantelgewebe einschliessen. Die Längsachse des Ellipsoids, das typisch solitäre Thiere darstellen, verläuft nahezu parallel der Ansatzfläche. Die von kurzen Siphonen getragenen Körperöffnungen liegen der Bodenfläche gegenüber, nehmen also die freie Breitseite ein. Die Entfernung der beiden Siphonen von einander ist sehr variabel und beträgt $^1/_5$—$^1/_8$ des gesammten Körperumfangs. Ihre Lage ist sehr verschieden, indem der Mundsipho bald ganz nach vorn und der Aftersipho nach der Mitte der Dorsalfläche zu gelegen ist. Bald sind aber auch beide Siphonen gleich weit von dem Mittelpunkte der freien oberen Körperseite entfernt. In diesem Falle ist es dann nicht immer leicht, mit Bestimmtheit von aussen anzugeben, welches der eine oder der andere Sipho

ist. Die Richtung der Siphonen ist meist derart, dass das Vorderende des Branchialsipho nach vorn und das Ende des Kloakalsipho mehr nach hinten gerichtet ist. Beim conservirten Thiere sind die wie kleine Warzen aussehenden Siphonen meist von einer leichten kreisförmigen Vertiefung umzogen, was von den Contractionen der Siphonalmuskeln herrührt. In der Mitte der Siphonen erblickt man beim conservirten Thiere schon mit blossem Auge oder einer Lupe eine meist deutlich viereckige, kreuzförmige Oeffnung. Deutlicher noch tritt sie am lebenden Thiere zu Tage, wo der obere Rand der Siphonen mit einem schmalen intensiv rothen Saum (livrée Lacaze-Duthiers) umzogen ist. Im extremen Falle ist die Festsetzungsstelle ziemlich weit nach hinten verschoben, und es tritt uns die typisch sociale Form entgegen (Fig. 6 und 7). Die Befestigungsfläche ist relativ klein, mehr kreisrund, und das ganze Thier ist in dorsiventraler Richtung gestreckt, so dass die Haupttaxe des Körpers senkrecht zur Bodenfläche steht. Es erscheint dadurch das ganze Thier mehr cylindrisch, schlauchförmig. Ueber der Basalfläche ist der Körper zuweilen etwas eingeschnürt, während er gegen die Siphonen hin sich etwas zuspitzt. Die Siphonen liegen meist dicht zusammen und sind gewöhnlich auch beide endständig, da die der Basalfläche gegenüberliegende Dorsalseite selbst auch sehr klein ist. Bei den aggregirt stehenden Thieren ist für die Körpergestalt eben nicht bloss die Unterlage entscheidend, sondern auch der beschränkte Raum, der die Thiere zwingt, sich nach der Höhe hin auszudehnen. Diese beiden Formen stellen aber nur die extremen Glieder einer continuirlichen Reihe dar. So sind z. B. bei dem in Figur 5 dargestellten Thiere die Axen nicht sehr verschieden von einander im Gegensatz zu den Thieren von Figur 4 und 6, die Extreme der beiden Formen darstellen. Eine ähnliche Variabilität der Körperform, bedingt durch die Art der Fortsetzung, finden wir auch bei anderen Ascidien. So bildet beispielsweise *Polycarpa tenera*, zwischen zwei anderen Ascidien eingeengt, an seinem Hinterende einen langen stielartigen Fortsatz aus, um dem Körper noch eine volle Entfaltung zu ermöglichen, und auch bei *Ciona intestinalis* sind ähnliche stielartige Basaltheile beobachtet worden.

Die Grösse der von mir beobachteten Thiere schwankte zwischen 0,2 und 1 cm, jedoch war die Mehrheit derselben nicht viel grösser als

7 mm. Selbst die Riesen unter meinen social stehenden Thieren überstiegen kaum das Maass von 1 cm. Es ist nicht uninteressant, die Maassverhältnisse der verschiedenen Autoren zu verfolgen, die bei den französischen Autoren durchweg am höchsten sind. So schreibt Julin, dass die jungen Thiere eine Grösse von 3—8 mm und die ausgewachsenen eine solche von 9—25 mm besitzen. Lacaze-Duthiers und Delage nehmen für die solitären Thiere eine Grösse von 5—8 mm an, während sie für die socialen dieselbe mit 20—25 mm angeben. Traustedt giebt ihre Länge mit 1—1,5 cm, Kupffer mit 1—1,3 cm und Van Beneden mit 0,1—1 cm an. Da die Thiere aus verschiedenen Meerestheilen und Tiefen stammen, liegt wohl in den dadurch bedingten ungleichen Lebensbedingungen auch der Grund ihrer verschiedenen Grössen. So kann es denn, nach der ziemlich grossen von mir untersuchten Zahl von Thieren, als Thatsache gelten, dass die Thiere unserer Ostsee von durchweg geringerem Wuchse sind als die der anderen, insbesondere der französischen Küsten, sind ja auch schon die Angaben der nordischen Forscher bedeutend geringer als die der französischen.

Wie die Form, Art der Festsetzung und Grösse ziemlich variiren, tritt uns diese Erscheinung in der Färbung in fast noch höherem Maassstabe entgegen. Die Farbe unserer Ascidie ist ein in den verschiedensten Nüancen spielendes Roth. Am häufigsten beobachtet man Orange (Fig. 1), seltener ein leichtes Rosa oder ein dunkles Roth (Fig. 2). Zuweilen erscheint die ganze Ascidie durch eine sie umhüllende Schicht von Fremdkörpern aller Art mehr grau, was wohl der farblosen Varietät Kupffer's entsprechen dürfte. Bei jüngeren Thieren ist die Farbe über den ganzen Körper gleichmässig vertheilt, bei älteren dagegen ist sie in der Gegend der Siphonen etwas intensiver als an der gegenüberliegenden Festsetzungsfläche und überhaupt den anderen Körperstellen. Da die von mir gesammelten Thiere fast durchweg auf rothen Algen sassen, glaube ich noch erwähnen zu müssen, dass ihr Farbenton sich doch immer wesentlich von dem ihres Substrates abhob. Thiere, die ich in ein stark belichtetes Aquarium mit wenig schützendem Kraute verbrachte, zeigten nach dem Verlaufe von mehreren Tagen ein deutliches Erblassen. Als ich ein solches Thier aufschnitt, traten mir die intensiv roth gefärbten Organe entgegen. Nach-

dem ich die Thiere in ein dunkleres Aquarium gebracht und unter mehr Kraut verborgen hatte, traten bald wieder die intensiveren dunkleren Farbentöne auf. Die Farbe ist beim ausgewachsenen Thiere fast ausschliesslich bedingt durch in's Protoplasma der Zellen eingelagerte Pigmentkörner. Nur die Eier haben ein diffuses Pigment. Nach den entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen von Julin[15]) soll sich diese diffuse Färbung während aller Stadien der Entwicklung bis zur auskriechenden Larve erhalten, und erst bei der Festsetzung der Larve soll das Körperpigment in Form bestimmter Körnungen auftreten. Ueber das Vorkommen und die Vertheilung der Pigmentzellen werde ich bei der Besprechung der einzelnen Organsysteme zurückkommen. Die feineren Farbenunterschiede des Roths bei den verschiedenen Individuen beruhen, wie ich auch schon an dieser Stelle vorwegnehmen möchte, grossentheils auf den in allen Geweben vorkommenden grünlich-gelben Algen Zooxanthellen, die durch ihre mehr oder minder starken Anhäufungen den Grundton des Roths verdecken. Der Farbstoff selbst ist gegen Reagentien wenig resistent, so dass in Alkohol gebrachte Thiere schon in kurzer Zeit völlig entfärbt sind. Der Alkohol nimmt dann eine röthliche Farbe an, die aber auch schon nach einigen Tagen verblasst und endlich vollkommen verschwindet.

II. Cellulose-Mantel.

Der die äusserste Körperschicht bildende Cellulose-Mantel (tunique, testa-Lacaze-Duthiers; tunique externe de l'épiderme-Julin) stellt eine am lebenden Thiere mit der Leibeswand innig verbundene feste Hülle dar. Es erscheint daher der an sich farblose und etwas durchsichtige Mantel gewöhnlich in der das Thier auszeichnenden Körperfarbe. Beim abgetöteten Thiere kann man zuweilen beobachten, wie sich der Mantel vollkommen von den inneren Leibesschichten abgetrennt hat, dann selbst ziemlich farblos und durchsichtig erscheint und die rothe Farbe der losgelösten inneren Körpertheile deutlich durchscheinen lässt. Es lässt sich dann der Mantel

überall leicht von der übrigen Körpermasse abpräpariren mit Ausnahme der Regionen der beiden Körperöffnungen, wo eine innigere Verbindung besteht. Hier schlägt sich nämlich, wie zuerst R. Hertwig[5]) erkannte, der Mantel nach innen ein (tunique réfléchie der französischen Autoren) und kleidet die In- und Egestionsöffnung von innen aus, um in der Tiefe vor den Tentakelringen zu endigen. Die Oberfläche des Mantels ist bei jüngeren Thieren, mit blossem Auge betrachtet, ziemlich glatt, während bei älteren Thieren öfters Furchen und Runzeln in unregelmässiger Anordnung über die Oberfläche hinziehen. Vielfach ist der Mantel auf seiner Aussenseite von Fremdkörpern aller Art bedeckt. Er ist ziemlich fest und elastisch. Die Dicke des Mantels weist sowohl bei den einzelnen Thieren als an den verschiedensten Körperstellen erhebliche Schwankungen auf. An Stellen, mit denen sich das Thier flach auf einen Gegenstand (Blattspreite, Muschel, Stein) festgesetzt hat, ist der Mantel sehr dünn, dagegen weist er eine beträchtliche Dicke da auf, wo eine sehr kleine Ansatzstelle, wie es bei einem dünnen runden Pflanzenstiel der Fall ist, vorhanden ist, den er möglichst vollkommen zu umwachsen sucht. An den Seitenwänden des Körpers ist der Mantel meist sehr dünn, um gegen die beiden Körperöffnungen wieder an Dicke zuzunehmen. Das relativ grösste Mantelvolumen weisen mittelgrosse Acidien auf, während ältere Thiere immer einen geringeren Umfang besitzen.

Die cellulosehaltige Grundsubstanz des Mantels zeigt stets eine an allen Stellen nachweisbare fibrilläre Structur, welch letztere mit Hämatoxylin-Färbung besonders deutlich zu Tage tritt. Die dünnen Fibrillen nehmen einen meist welligen Verlauf und durchflechten sich lose zu einem lockeren, filzartigen Gewebe. Da die Fibrillen dicht zusammengepresst liegen, ist die sie verbindende homogene Grundsubstanz kaum zu bemerken (Fig. 8).

In die Grundsubstanz des Mantelgewebes findet man Zellen von verschiedener Grösse und mannigfacher Gestalt in wechselnder Zahl eingelagert. Auf einem Schnittpräparate sehen wir denn auch alle möglichen Zellformen. Bald sind es Zellen von Kreis-, Birn-, Spindel- oder Sternform, bald vakuolisirte und mit grünen Algen und Fremdkörpern aller Art beladene phagocytäre Zellen (Fig. 9). Letztere beiden Sorten finden sich

namentlich in der Nähe des ektodermalen Hautepithels, während die übrigen in allen Schichten des Mantels vertheilt sind. Die Häufigkeit der Zellen ist nicht in allen Schichten gleich gross, indem sie sich in besonders reicher Zahl in der Nähe der Körperöffnungen und der Mantelgefässe finden. An einem frischen Mantelstücke, das von der übrigen Körpermasse abgetrennt worden ist und, mit blossem Auge betrachtet, vollkommen farblos erscheint, sieht man deutlich bei starker Vergrösserung neben den farblosen Zellen noch, wenn auch in ziemlich geringer Zahl, Pigmentzellen in die Grundsubstanz des Mantels eingelagert. Dieselben sind nur am frischen Präparate zu sehen, da die Pigmente bei der Conservirung vollkommen zerstört werden. Die Pigmentzellen sind von unregelmässiger, stark abgerundeter Form und gleichen fast vollkommen den Mesenchymzellen der Leibeswand. Ihre im Plasma aufgespeicherten Pigmentkörner sind meist sphärisch, doch auch unregelmässig gestaltet und von sehr verschiedener Grösse. Nach Julin's zuletzt vertretener Ansicht sollen nur die pigmentirten Zellen von Mesenchymzellen abstammen, während die farblosen vom ektodermalen Hautepithel herrühren sollen. Den Durchtritt von Mesenchymzellen durch das Ektoderm konnte auch ich bei meiner Ascidie deutlich auf Schnittpräparaten verfolgen. In einem schönen Falle (Fig. 12) konnte ich beobachten, wie einige Mesenchymzellen, deren Zellkerne durch grosse Tinctionsfähigkeit ausgezeichnet waren, sich von unten dicht an das ektodermale Hautepithel angelegt hatten, dessen Zellen an dieser Stelle grosse, weniger stark gefärbte Zellkerne von wabiger Structur führten. Eine andere Mesodermzelle war bereits schon vollständig eingetreten und bis zum oberen Rande vorgedrungen, während eine andere bereits in das Mantelgewebe durchgetreten war. Sie lag dem äusseren Rande des Ektodermepithels noch an und wies in ihrem Zellplasma bereits eine Vakuole auf.

Somit ist nun wohl bei sämmtlichen Ascidien der mesodermale Ursprung der Mantelzellen nachgewiesen worden. Auch Julin[15]) hat in dem Postscriptum zu seiner 1892 veröffentlichten Arbeit die mesodermale Herkunft, wenigstens für die pigmentirten Mantelzellen, zugegeben, die auch schon äusserlich durch ihre Gestalt und ihre Pigmente eine deutliche Uebereinstimmung mit den übrigen Mesodermzellen aufweisen. Dagegen glaubte er, wenigstens für die farblosen Zellen noch die ektodermale Abstammung

retten zu können. Den ektodermalen Ursprung der farblosen Zellen will er hauptsächlich daraus erschliessen, dass das dem Mantel anliegende ektodermale Hautepithel gleichfalls pigmentlos ist, und die pigmentlosen Mantelzellen meist auch in der Form den flachen Ektodermzellen gleichen. Ferner giebt er als Grund an, dass er bei jungen Thieren häufig Ektodermzellen in Theilung gesehen habe. Dass es aber auch pigmentlose Mesodermzellen giebt, die ebenso wie die pigmentirten das ektodermale Hautepithel durchwandern, und sich die Mesodermzellen nach ihrer Einwanderung in den Mantel weiter theilen und umgestalten, das lässt Julin ganz unberücksichtigt. Aus diesen letztgenannten Gründen möchte auch ich bei *Styelopsis* für sämmtliche Mantelzellen einen mesodermalen Ursprung annehmen, wie es nunmehr für fast sämmtliche Tunikaten angenommen wird.

Wie bei den meisten Ascidien kommen auch bei *Styelopsis* im Cellulose-Mantel Gefässe vor, die jedoch, ähnlich wie bei *Polycarpa varians*, nicht constant bei allen Thieren auftreten. Dieses individuelle Vorkommen und Fehlen macht es denn auch verständlich, dass nur ein Autor, nämlich Kupffer[6]) in seiner nur wenige Zeilen umfassenden Beschreibung von *Styelopsis grossularia* der Mantelgefässe Erwähnung gethan hat. Richtig bemerkt er: „an verdickten Stellen der Basalfläche finden sich bisweilen Gefässkanäle.“ In der That konnte ich stets auch nur an verdickten ventralen Mantelstellen Gefässe nachweisen. Und zwar immer nur bei Thieren, die auf relativ dünnen Pflanzenstielen sassen und in Folge dessen, wie ich bereits oben erörtert habe, stets einen besonders mächtigen Mantel an dieser Stelle besitzen. Niemals aber traf ich sie bei Thieren, die, mit breiter Basis flächenhaft aufsitzend, hier einen sehr dünnen Mantel tragen. Im Allgemeinen sind die Gefässe aber nicht sehr zahlreich und von nur kurzem Verlauf, so dass man auf Querschnittserien ziemlich wenige und bald wieder verschwindende Gefässdurchschnitte erhält. Die sogenannten Mantelgefässe sind bekanntermaassen röhrenförmige Ausstülpungen des ektodermalen Hautepithels, was sich auf Schnittserien deutlich verfolgen lässt. In dem von mir dargestellten Falle (Fig. 11a) sieht man, wie das Ektoderm sich in das Mantelgewebe eingestülpt hat, und der eingestülpte Theil mit der Leibeshöhle in Verbindung steht, während das in Figur 11b dargestellte Bild bereits einen hinter der Gefässwurzel gelegenen Querschnitt

durch das Mantelgefäss zeigt. Das Epithel der Mantelgefässe ist daher nicht wesentlich verschieden von dem des ektodermalen Hautepithels. Die Wandungen sind durchaus einschichtig und werden bald von einem sehr flachen, bald einem mehr kubischen oder gar cylindrischen Epithel gebildet (Fig. 10). Zuweilen findet man sogar, dass auf der einen Seite des Gefässdurchschnittes ein flaches und auf der gegenüberliegenden ein hohes Epithel die Gefässwand bildet. Das Lumen des Gefässes stellt eine Ausstülpung der primären Leibeshöhle dar und ist erfüllt von Mesodermzellen. Form und Weite des Lumens sind sehr wechselnd, vorwiegend aber besitzen die Gefässe einen kreisförmigen Durchschnitt.

In der Nähe der Gefässe sind Mantelzellen in ziemlich reichlicher Zahl vorhanden, was darauf hindeutet, dass von dieser Stelle aus eine besonders reichliche Auswanderung von Mesenchym- resp. Blutzellen, die die Ernährung des Mantelgewebes vermitteln, stattfinden muss. Ferner ist, wie ich im nächsten Kapitel noch zeigen werde, das Epithel der Mantelgefässe auch an der Ausscheidung der Mantelsubstanz betheiligt. Durch diese Thatsachen dürfte die physiologische Bedeutung der Mantelgefässe hinlänglich bestimmt sein.

Von der Hauptmasse des Mantels hebt sich die alleräusserste Schicht durch ihr Aussehen und ihre Structur deutlich ab. Es ist diese äusserste structurlose Schicht immer nur dünn, wenngleich sie bei den einzelnen Thieren in Bezug auf ihre Stärke sehr variiren kann. Sie stellt gewissermaassen ein Ausscheidungsprodukt des Mantels selbst dar, in der noch von aussen die verschiedensten Fremdkörper eingelagert sein können. Auf den Schnitten fällt dieses cutisähnliche Gebilde als dünne, etwas stärker gefärbte Schicht auf.

Endlich untersuchte ich den Mantel auch noch auf Cellulose-Reaktion, die ich in der Weise ausführte, dass ich Mantelschnitte mit Jod und Schwefelsäure behandelte und sie mit schwacher Vergrösserung unter dem Mikroscope betrachtete. Dabei erhielt ich oftmals eine deutliche Blaufärbung, niemals jedoch zeigte, so weit ich es beobachten konnte, die äusserste Mantelschicht eine Blaufärbung. Welche Mantelantheile speziell sich färbten, konnte ich wegen der Dicke der Schnitte nicht deutlich nachweisen.

III. Ektoderm.

In diesem Kapitel sollen das Hautepithel, das Epithel in der Region der beiden Körperöffnungen und die Tentakel besprochen werden, während ich das gleichfalls ektodermale äussere und innere Peribranchialepithel erst später bei der Darstellung der Peribranchialhöhle abhandeln werde.

1. Ektodermales Hautepithel.

Das ektodermale Hautepithel (épithélium subtunical de l'épiderme Julin) ist überall einschichtig, zeigt jedoch nicht an allen Stellen vollkommen gleiche Beschaffenheit, indem es bald ein plattes, bald mehr kubisches und selbst prismatisches Epithel darstellt. Bei jüngeren Thieren sind die Zellen durchweg plasmareicher und nicht so flach wie bei älteren Thieren, wo sie jedoch auch gegen die beiden Körperöffnungen hin an Höhe etwas zunehmen. Desgleichen ist das Epithel gewöhnlich auch an der ventralen Seite, der Stelle der Festsetzung, etwas höher als an den Seitenwänden, wo es zumeist ganz platt erscheint. Das Ektoderm steht in sehr inniger Verbindung mit dem Cellulosemantel, was wohl zur Hauptsache auf die an der Oberfläche der Ektodermzellen befindlichen, in die Mantelsubstanz hineinreichenden, Plasmafortsätze zurückzuführen ist.

Die nunmehr bei den verschiedensten Salpen und Ascidien aufgefundenen und als „Sekretfäden" bezeichneten Fortsätze konnte ich gelegentlich an den verschiedensten Stellen des Ektoderms auffinden (Fig. 18). Die fadenähnlichen Fortsetzungen, die, wie die Autoren allgemein betonen, zur Mantelabsonderung in Beziehung stehen, sind sehr vergänglicher Natur und werden bei der Conservirung oftmals zerstört, wodurch es sich erklärt, dass sie nicht immer und überall aufgefunden werden. Sie kommen insbesondere an dem Epithel der Mantelgefässe und der Siphonen vor, also an den

Stellen, an denen der Mantel eine besondere Dicke aufweist. Besondere ins ektodermale Hautepithel eingelagerte Drüsenzellen, wie sie bei anderen Ascidien aufgefunden worden sind, konnte ich nicht nachweisen. Die Kerne des Epithels sind zuweilen sehr gross, bläschenförmig, zeigen ein sehr fein vertheiltes Chromatin-Gerüst und unterscheiden sich in diesem Zustande von den gewöhnlich durch stärkere Tinction ausgezeichneten Mesodermkernen sehr wesentlich, was für das Studium der Auswanderung der Mesodermzellen von grosser Bedeutung ist (siehe Mantelzellen).

Ausser diesen das Ektoderm durchwandernden Mesodermzellen findet man im Cellulosemantel auch die alle Gewebe durchsetzenden Zooxanthellen.

2. Epithel der beiden Körperöffnungen.

Auf der Höhe der beiden Körperöffnungen schlägt sich das ektodermale Hautepithel in das Innere der Siphonen ein und verläuft nach hinten bis zu den am Grunde der Siphonen stehenden Tentakeln. Inwieweit sich das Ektoderm noch an der Bildung der Tentakel selbst betheiligt, lässt sich aus dem histologischen Verhalten mit Sicherheit nicht erweisen; wahrscheinlich aber dürften mindestens die Vorderwände der Tentakel noch ektodermalen Ursprungs sein. Unmittelbar bevor das Epithel die Tentakel erreicht, faltet es sich ein und bildet dadurch eine im hinteren Theile der Siphonen verlaufende Ringfalte (Fig. 13 und 14).

An der Vorderwand dieser epithelialen Faltung endigt der Cellulosemantel und am peripheren Rande der Hinterwand inseriren sich die Tentakel. Dieses Gebilde wird als Diaphragma bezeichnet: keine völlig der *Styelopsis* eigenthümliche Neubildung, sondern nur der riesig vergrösserte Tentakelträger, der sich bei fast allen Ascidien findet. Die Faltung ist nach der Egestions- und Ingestionsöffnung hin gerichtet, so dass das Centrum des Diaphragmas ungefähr in der Mitte zwischen der Körperöffnung und dem Tentakelkranz gelegen ist. Der Cellulosemantel bedeckt die Vorderwand des Diaphragmas nicht ganz, sondern lässt den vorderen centralen Theil frei. Der eingestülpte Mantel selbst zeigt in seiner Beschaffenheit keine Abweichung von dem übrigen Mantelgewebe. Es verhält sich das Diaphragma, wie die Figuren zeigen, in beiden Siphonen vollkommen gleich. Demnach lassen sich, was auch auf Totalpräparaten

(Fig. 15 und 16) sehr schön zu sehen ist, an den Siphonen deutlich zwei scharf getrennte Abschnitte unterscheiden, nämlich ein zwischen der Oeffnung und dem Centrum (rebord circumbuccal resp. rebord circumcoacal Julin) der Falte gelegener Theil und ein zwischen diesem und dem Tentakelkranz (cercle tentaculaire) sich befindlicher Abschnitt. Den ersten Abschnitt möchte ich als den vorderen oder äusseren, den zweiten als hinteren oder inneren Theil bezeichnen, im Gegensatz zu Julin, der, von einem anderen Gesichtspunkt ausgehend, den vorderen Abschnitt Zone centrale und den hinteren Zone périphérique nennt. Die vordere, äussere Zone ist vollkommen ausgekleidet von dem eingestülpten Cellulosemantel, der also hier das Kanallumen begrenzt. Die hintere Zone der Siphonen entbehrt, im Gegensatz zur vorderen, der inneren Bekleidung durch den Cellulosemantel, indem die nach vorn aufgerichtete Hinterwand des Diaphragmas das Kanallumen begrenzt.

In der Nähe der beiden Körperöffnungen besteht das Ektodermepithel aus ansehnlich hohen Cylinderzellen. Nach aussen und hinten zu geht es allmählich in das kubische und endlich in das flache äussere Hautepithel über. An der inneren Siphonalwand lässt sich ein Gleiches beobachten, indem sich an der Ursprungsstelle der Tentakelträger schon ausnahmslos ein flaches Epithel befindet, das sich auch über dessen ganze Vorderwand ausbreitet. Am Centrum (rebord) der Tentakelfalte wird das Epithel wieder höher (Fig. 14) und geht dann in das wieder flachere, bis zu den Tentakeln reichende Epithel der Hinterwand des Diaphragmas über.

Wie auf Figur 14 besonders gut ersichtlich, ist der Tentakelträger halskrausenartig in Falten gelegt. Beide Epithelschichten betheiligen sich in gleicher Weise an den Ein- und Ausbiegungen. Dieses Verhalten ist auch auf Totalpräparaten zu sehen, und ich habe es in dem Totalbilde vom Kloakalsipho (Fig. 16) an dem diese Faltungen immer besonders stark auftreten, wiedergegeben. Man sieht zwischen dem Centrum des Tentakelträgers und dem Tentakelkreise eine Art mäandrische Felderung. Diese am conservirten Thiere constant auftretenden Erscheinungen dürften wohl hauptsächlich auf Contractionszustände zurückzuführen sein.

3. Tentakel.

a) Der hintere Theil der Mundhöhle wird abgeschlossen durch einfache Mundtentakel (tentacules coronaux), die sämmtlich in einem Kreise angeordnet sind, so dass man von einem Tentakelkranz (couronne tentaculaire) zu sprechen pflegt. Der Tentakelkranz liegt ungefähr in der Mitte zwischen dem vorderen Rande des Diaphragmas und dem Flimmerbogen (Fig. 15). Die in einer Reihe stehenden Tentakel lassen 3 Grössen erkennen, so dass man von Tentakeln erster, zweiter und dritter Ordnung sprechen könnte. Die grösseren alterniren mit den kleineren, jedoch sind ihre Grössendifferenzen zuweilen sehr gering, und auch die typische Regelmässigkeit ist sehr häufig gestört. Lacaze-Duthiers pflegt darum für seine sociale Form nur zwei Tentakelarten anzunehmen. Die Zahl der Tentakel schwankt zwischen 30 und 40, liegt aber gewöhnlich der Zahl 30 näher. Die Tentakel, die fingerförmige Ausstülpungen des einschichtigen Mundepithels darstellen, zeigen in ihrem histologischen Bau keine wesentlichen Unterschiede von diesem. Einige wenige flache Zellen bilden den ganzen Querschnitt, der bald kreisrund oder oval, bald aber auch mehr unregelmässig gestaltet ist. In der Mitte befindet sich ein freies Lumen, während die Wandungen meist von einer dünnen Schicht Gallerte mit spärlich eingelagerten Zellen ausgekleidet sind. Muskelfasern konnte ich weder in den Tentakeln noch im Tentakelträger nachweisen. Es weist darum Julin[15]) mit Recht darauf hin, dass die Tentakel unmittelbar hinter dem Mundsphincter (sphincter coronal) gelegen sind.

b) Die Tentakel des Egestionskanals, die als Kloakal- oder Atrialtentakel (tentacules circumcloacaux oder atriaux) bezeichnet werden, unterscheiden sich von den Mundtentakeln hauptsächlich durch ihre bedeutend geringere Grösse. Auch stehen sie viel weiter vom vorderen Rande des Diaphragmas (rebord circumcloacal) entfernt, aus welchen Gründen sie öfters gänzlich übersehen wurden (Fig. 16). Sie sind meist alle von ungefähr gleicher Grösse und ebenfalls in einem Kreise angeordnet (cercle tentaculaire circumcloacal ou atrial). Ihre Zahl beträgt ungefähr 30. Julin giebt ihre Zahl auf 35—50 an, während Lacaze-Duthiers und Delage für die solitäre eine solche von 20 und für ihre sociale die Zahl 30 an-

nehmen. In histologischer Hinsicht lässt sich nichts Besonderes sagen; ihr Durchschnitt ist meist kreisrund und natürlich viel geringer als der der Mundtentakel. In topographischer Hinsicht möchte ich auch hier wieder hervorheben, dass sich der Tentakelkranz unmittelbar hinter dem Kloakalsphincter (sphincter circumcloacal ou atrial) befindet.

IV. Nervensystem.

Der eigentliche nervöse Apparat, bestehend in dem Gehirnganglion, den von ihm entspringenden Nerven und dem Ganglienzellstrang, steht bei unserer Species in innigstem Zusammenhang mit der Flimmergrube und der Neuraldrüse, die entwicklungsgeschichtlich aus derselben Anlage entstanden sind. Wiewohl diese beiden letztgenannten Organe eine andere Function übernommen, möchte ich sie doch wegen ihres engen Zusammenhangs unter diesem Kapitel besprechen.

1. Gehirnganglion.

Das Centralganglion (ganglion nerveux) liegt in der Medianebene auf der Dorsalseite des Thieres in dem Raum zwischen den beiden Körperöffnungen der sogenannten Interoscular- oder Intersiphonal-Zone. Sein vorderes Ende springt in die Präbranchialzone vor, indem es sich bis zur Mündung der Flimmergrube erstreckt (Fig. 17 (15)), während sein hinteres Ende bis gegen die Kloakaltentakel hin reicht. Mit seiner ventralen Fläche liegt es dem Kiemendarmepithel ziemlich dicht an, wogegen seine dorsale Seite noch ziemlich weit vom äusseren ektodermalen Hautepithel entfernt ist, in dem dorsal von ihm noch die Neuraldrüse und eine ziemlich dicke Mesenchymschicht in der primären Leibeshöhle liegen. Der hintere Theil des Ganglions liegt im Bereiche der ersten Kiemenspaltenreihen. Die Form des Gehirnganglions ist ungefähr spindelförmig, längsgestreckt, und der Querschnitt erscheint gewöhnlich elliptisch.

Im Ganglion lassen sich stets die beiden Theile der peripheren Ganglienzellschicht und der centralen Nervenfasersubstanz deutlich unterscheiden (Fig. 18, 19 (21)). Die Zellen liegen meist in mehreren Schichten, bis fünf, übereinander, und nur stellenweise sind sie bloss in zwei oder einer Lage angeordnet, insbesondere werden sie gegen die beiden Enden zu spärlicher. Vereinzelte Ganglienzellen ruhen auch mitten in der Punktsubstanz des Gehirns. Die einzelnen Zellen sind bei ein und demselben Thiere von ungefähr gleicher Grösse. Sie erscheinen meist allseitig abgerundet, und nur bei mehr vereinzelt liegenden kann man ein, zwei oder mehrere Fortsätze deutlich erkennen. Ein fein granulirtes Zellplasma umgiebt den bläschenförmigen hellen Kern, welcher in seinem zarten Liningerüst einen grossen Nucleolus enthält. Die Nervenfaser- oder Punktsubstanz zeigt auf Querschnitten ein granulirtes Aussehen, während man auf Längsschnitten sieht, wie die äusserst feinen Fäserchen ein verfilztes Flechtwerk bilden. An der Aussenseite ist das ganze Gehirnganglion von einer sehr feinen Membran umschlossen, die zuweilen noch sehr flache Kerne nachweisen lässt und wahrscheinlich mesodermalen Ursprungs sein dürfte.

2. Nervenstränge.

Aus dem Gehirn entspringen sowohl am vorderen wie am hinteren Ende je ein Paar von Nerven. Die vorderen oder Buccalnerven verzweigen sich in der Wand des Mundsiphos, während die hinteren oder Kloakalnerven sich in ihrem entsprechenden Sipho vertheilen. Ausser diesen zwei Nervenpaaren beschreibt Julin[15]) noch einen unpaaren fünften Nervenstrang, den das Ganglion in der Mitte seiner ventralen Seite entsenden soll. Ich möchte den höchst complicirten Verlauf dieser Nerven nach Angabe des Autors wiedergeben: Der Nerv soll zunächst in das vordere dorsale mediane Septum (septum médio dorsal antérieur) = vorderes Dorsalfaltenseptum [siehe Dorsalfalte] eindringen, von dort sich zum Kiemendarm wenden und an der Dorsalfalte entlang gehen bis zur Höhe des Afters. Dort angekommen, soll sich dieser viscerale Nervenstrang in einen oberflächlichen oder Darmnerv und einen tiefen oder Branchialnerv theilen. Weiterhin giebt Julin an, dass dieser Visceralnerv mit dem gleich zu besprechenden Ganglienzellstrang (cordon cellulaire) in Verbindung stehe

und auf seinem Verlaufe meist von einem Längsmuskelbündel begleitet werde. Trotz eifrigen Suchens ist es mir jedoch nicht gelungen, den Ursprung und Verlauf dieses visceralen Nervenstranges aufzufinden.

In histologischer Hinsicht lässt sich sagen, dass die direct aus der Nervenfasersubstanz (Punktsubstanz) des Gehirns entspringenden Nerven hauptsächlich aus Nervenfasern bestehen, die ziemlich dicht gedrängt liegen und etwas schwach wellenförmig gebogen sind. Im Querschnitt zeigen die Nerven eine netzförmige Structur, in deren Maschen zuweilen deutlich kleine Ganglienzellen zu erkennen sind. Die zelligen Elemente im Nerv sind sehr gering und werden, je weiter sich der Nerv vom Gehirn entfernt, immer spärlicher. Form und Grösse dieser Ganglienzellen ist sehr wechselnd. Ihre Kerne sind meist sehr gross und das Plasma so dünn, dass es kaum wahrnehmbar ist. Den Nerv findet man, wenigstens in seinem obersten Abschnitt, noch mit einer sehr feinen bindegewebigen Hülle umgeben.

3. Ganglienzellstrang.

Ein drittes, gewöhnlich noch zum eigentlichen nervösen Apparat gerechnetes, Organ stellt der sogenannte Ganglienzellstrang dar. Dieses von allem Anfang an median und unpaar angelegte Organ, das aus dem hinter der Flimmergrubenanlage gelegenen Abschnitt des primären Nervenrohrs hervorgeht, stellt bei unserer Ascidie noch die direkte Fortsetzung des die Flimmergrube mit der Neuraldrüse verbindenden Kanals dar. Es lässt sich der Verlauf des Ganglienstranges sowohl an Totalpräparaten als Längs- und Querschnittserien deutlich verfolgen.

Betrachten wir zunächst ein von innen gesehenes Totalbild (Fig. 17), das unter Zuhilfenahme von Längsschnittserien angefertigt ist, so sieht man, wie die Flimmergrube an ihrem hinteren Ende sich in einen Kanal auszieht, der sich nach dorsalwärts wendet und in der Mittellinie des Gehirnganglions, aber von diesem bedeckt, nach hinten verläuft. Da er dorsal vom Ganglion liegt, ist er nur bei tiefer Einstellung mit dem Mikroscope zu sehen. Verfolgt man ihn bis gegen das Hinterende des Ganglions, so sieht man, wie er ungefähr rechtwinklig nach rechts abbiegt und alsbald, unbedeckt vom Ganglion, in einiger Entfernung seitwärts von diesem als

stark gefärbter Strang blind endigt. Die Neuraldrüse, die ebenfalls dorsal vom Ganglion liegt, ragt nur noch an den Seitenwänden über dieses hervor, hört aber schon vor dem Ganglienzellstrang auf.

Verfolgt man den Verlauf auf Querschnittserien, so sieht man gleichfalls, wie der aus der Flimmergrube hervorgegangene Kanal in der medianen Dorsallinie des Ganglions weiter nach hinten verläuft. Da er wegen seiner starken Tinction überall gut zu verfolgen ist, erkennt man, wie die dorsale Hälfte des Kanals an der Bildung der Neuraldrüse theilnimmt [siehe Neuraldrüse], während die ventrale Halbrinne bestehen bleibt und gegen das Ende der Neuraldrüse sich wieder zu einem vollkommen kreisrunden Kanal resp. massiven Strang schliesst, der dann seitlich vom Gehirn endet Es besteht also dieses Organ aus dicht zusammenliegenden, stark gefärbten Zellen, weshalb ich den Namen „Zellstrang" für sehr passend finde. Nervenfasern sah ich nicht von ihm ausgehen, so dass der Ganglienzellstrang mehr den Eindruck eines rudimentären Organs macht.

Julin, der das in Frage stehende Organ unter dem Namen „cordon cellulaire" beschreibt, vergleicht es mit dem gleichbenannten von ihm und Van Beneden bei *Molgulla ampulloides* untersuchten Organ. Ich möchte des Interesses und der Wichtigkeit wegen das, was er über diesen Gegenstand sagt, wörtlich anführen: „Le cordon cellulaire est très probablement ganglionnaire et je le considère comme homologue de la portion ganglionnaire du cordon nerveux visceral, que M. Ed. van Beneden et moi, nous avons décrit chez Molgula ampulloides. Contrairement à ce qui existe chez la Molgule, ou ce cordon est tout entier en continuité avec le ganglion nerveux, chez Styelopsis grossularia, la partie cellulaire semble être un prolongement de l'extrémité postérieure du canal excréteur de la glande hypophysaire. Je me hâte d'ajouter cependant qu'il est très difficile, chez notre espèce, en raison de la gracilité de ce cordon, d'affirmer qu'il en est effectivement ainsi, surtout si je m'en réfère à ce qui existe chez la Molgule, où cet organe est beaucoup plus développé et, par consequent, plus facile à suivre sur des coupes en série. Pour le moment je laisserai donc ouverte cette question."

Diese Stelle lässt keinen Zweifel über die Uebereinstimmung des gleichen Befundes aufkommen, nur möchte ich nach dem Befunde an meinen

meisten Thieren das Organ als einen stets ziemlich deutlich nachweisbaren, gut entwickelten und durch besondere intensive Färbung auffallenden Strang hinstellen, während Julin von einem äusserst schwach entwickelten Ganglienzellstrang spricht. Auf diesen Punkt glaube ich ein besonderes Gewicht legen zu müssen, da Julin bei der Schilderung seines visceralen Nervenstranges sagt, dass dieser Nerv im grösseren Theil seines Verlaufes in unmittelbarer Verbindung mit dem Ganglienzellstrang stehe (Dans la majeure partie de ce trajet, il est en rapports immédiats avec un très grèle cordon cellulaire). Da ich nun den Ganglienzellstrang stets sehr deutlich gesehen, hätte ich erwartet, dass mir der viscerale Nerv, von dem ich bereits oben geschrieben habe, um so deutlicher aufgefallen wäre.

4. Flimmergrube.

Die aus dem vordersten Abschnitt des Neuralrohrs entstandene Flimmergrube (tubercule hypophysaire — l'entonnoir vibratile Julin) liegt vollkommen in der Präbranchialzone in dem von den beiden Flimmerbogen gebildeten spitzen Winkel. Auf ihrer linken Seite liegt noch das Vorderende des Gehirnganglions (Fig. 17 u. 18). Von der dorsalen Seite gesehen, stellt sie einen ovalen o-förmigen Ring (Reifen) dar. Auf Schnittpräparaten zeigt sie sich als einen nach innen geöffneten und nach hinten sich verjüngenden Trichter, der mit Cilien ausgekleidet ist (l'entonnoir vibratile) (Fig. 18). Die Wandungen der Flimmergrube bestehen aus einem durchaus einschichtigen, vorherrschend prismatischem Epithel, das jedoch am hinteren Ende, der Uebergangsstelle in den Kanal und vorn, wo das Flimmergrubenepithel in die Kiemendarmwand übergeht, niedriger wird. Die längsgestreckten Kerne liegen an dem äusseren, dem Lumen der Grube abgewandten Zellende, während die an das Lumen grenzende Seite lange Geiseln trägt. Die Geiseln besitzen eine sehr ansehnliche, den Zellkörper gewöhnlich um ein Mehrfaches übertreffende Länge, so dass die Geiseln der gegenüberliegenden Wände in der Mitte des Lumens der Grube zusammenstossen. Gewöhnlich liegt auf der Spitze der Geiseln eine dieselben verklebende Sekretmasse, die entweder aus der Flimmergrube selbst, oder aus der in sie einmündenden Neuraldrüse stammt. Die Bewimperung beschränkt sich nicht bloss auf die Grube, sondern erstreckt sich auch auf

die Grubenränder, doch liegt zwischen diesen und den bewimperten Flimmerbogen immer noch eine beträchtliche Zwischenzone.

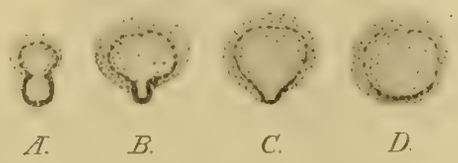
Der Flimmertrichter geht an seinem Hinterende in den nach hinten sich erstreckenden sogenannten Flimmergrubenkanal aus, der in die Neuraldrüse führt, sich dort an deren Bildung betheiligt und schliesslich in den bereits besprochenen Ganglienzellstrang übergeht. Dieser zwischen Flimmergrube und Neuraldrüse gelegene Abschnitt ist je nach dem Entwickelungsgrade der Neuraldrüse verschieden lang. Von der Flimmergrube hebt sich der Kanal beim konservirten Thiere durch den Mangel der Bewimperung und die niedrigeren kubischen Zellen deutlich ab.

5. Neuraldrüse.

Unter fast sämmtlichen Organen des Körpers unserer Ascidie weist die Neuraldrüse (glande hypophysaire Julin — glande muqueuse Lacaze-Duthiers) in Beziehung auf Verschiedenheit der Entwickelung die grössten Schwankungen auf. Bald sehen wir sie als ein grosses, den Durchmesser des Gehirnganglions übertreffendes Organ, bald stellen nur verhältnissmässig wenige Zellen die ganze Drüse dar. Ihre Lage ist, was ich eigentlich nicht mehr besonders hervorzuheben brauche, vollkommen dorsal. Betrachten wir die Totalpräparate mehrerer Thiere von innen, so sehen wir entweder die an den Rändern etwas gelappte Neuraldrüse an beiden Seiten das Gehirnganglion überragen (Fig. 17), oder wir sehen sie nur an einer Seite vorstehen, und zwar soll es nach Julin's Angaben dann gewöhnlich die rechte Drüsenseite sein. Zuweilen liegt sie aber auch vollkommen dorsal vom Ganglion. Im günstigsten Falle reicht sie nach vorn bis gegen das Hinterende der Flimmergrube und hinten ziemlich weit über die Mitte des Ganglions, doch ohne dessen Ende zu erreichen.

Auf Querschnitten sieht man, wie sich die dorsale Wand des Flimmergrubenkanals nach der Mitte der Drüse zu immer weiter ausdehnt und Zellen aus dem Epithelverbande, sowohl in's Kanallumen als nach aussen austreten lässt. Stets aber fällt die Kanalwand gegenüber den proliferirten Zellen durch stärkere Tinction auf (Fig. 19). Die ventrale untere Hälfte des Kanals, die der dorsalen Seite des Gehirns unmittelbar aufliegt, ist zuweilen in einer leicht dellenförmigen Vertiefung des Gehirns eingesenkt.

Die durch Wucherung der Kanalwand entstandenen Zellen der Neuraldrüse lassen ihre Zellgrenzen meist nur undeutlich erkennen und besitzen einen fast immer ziemlich grossen Kern. Die Zellkörper sind gleichartig granulirt und enthalten keine Vakuolen und Sekrettropfen.



Textfigur Nr. 1.
Halbschematische Darstellung von individuellen Verschiedenheiten der Gestalt der Neuraldrüse.

In den Fällen, in denen sich die Drüse sehr schwach entwickelt zeigt, ist die dorsale Kanalwand nur verhältnissmässig wenig ausgeweitet, und der ventrale Kanalabschnitt stellt einen kleinen Halbkreis dar (Textfigur A.). Eine solch' gestaltete Drüse kommt namentlich bei älteren und grossen Thieren vor, wo also bereits eine Reduction des Organs eingetreten sein muss. Ist die Drüse stärker entwickelt, so tritt der ventrale rinnenförmige Abschnitt immer weiter zurück, während die stark erweiterte dorsale Kanalwand sowohl nach innen als nach aussen reichlich Zellen proliferiren lässt (Textfigur B. und C.).

Bei der höchstentwickelten Drüsenform ist der ventrale Kanaltheil ganz flach und die Rinne vollkommen geschwunden (Textfigur D.). Das Lumen der Drüse ist in diesem Falle von den profilirten Zellen zuweilen fast ganz ausgefüllt.

Die Drüse wird von einer sehr feinen, jedoch nicht immer deutlich nachweisbaren, bindegewebigen Membran umhüllt. Gegen das Gehirnganglion ist die Drüse nicht immer scharf abgesetzt, so dass die Grenze zwischen beiden zuweilen nicht deutlich festzustellen ist.

Es zeigt somit unsere *Styelopsis* in dem gesammten Nervenapparat, wie auch in den meisten anderen Organsystemen, einen noch ziemlich primitiven Charakter. Besondere Sinnesorgane (Seh- und Tastorgane) liessen sich überhaupt nicht nachweisen.

V. Kiemendarm.

1. Präbranchialzone des Kiemendarms.

Die Präbranchialzone (Zone prébranchiale ou astigmatique) beginnt dicht hinter dem die Mundhöhle hinten abschliessenden Tentakelkranz und reicht bis zur vordersten ersten Kiemenspaltenreihe (Fig. 13). Sie wird durch den Flimmerbogen in einen vorderen und hinteren Abschnitt zerlegt. Die beiden Abschnitte sind bei unserer Ascidie ziemlich gleich gross, da der Flimmerbogen ungefähr genau in der Mitte der ganzen Zone liegt. Den dieser Zone eigentlich angehörenden Flimmerbogen möchte ich seiner histologischen Sonderstellung wegen, gleich anderen Autoren, im nächsten Abschnitte besonders besprechen.

Die Wandungen des präbranchialen Kiemendarms bestehen aus einem einschichtigen, meist ziemlich stark abgeflachten Epithel. In die Präbranchialzone mündet die bereits besprochene Flimmergrube ein.

2. Flimmerbogen.

Der Flimmerbogen (gouttière péricoronale Julin — gouttière coronale Lacaze-Duthiers) verläuft ungefähr parallel dem Tentakelkranz (Fig. 13) und besteht aus zwei ziemlich symmetrischen Bogenhälften (rechten und linken). In der ventralen Mittellinie bleiben die beiden Bogenhälften getrennt und setzen sich hier in die dorsalen Flimmerbänder des Endostyls fort, während sie an der dorsalen Seite spitzwinklig zusammenlaufen und in die hier beginnende Dorsalfalte übergehen. Auf dem Durchschnitt stellt der Flimmerbogen einen ziemlich stark entwickelten, am freien Rande verdeckten Wulst dar (Fig. 20 A). Eine dicht vor dem Flimmerbogen gelegene und parallel mit diesem verlaufende sogenannte vordere Ringfalte (lèvre siphonale de la gouttière coronale Lacaze-Duthiers) besteht nicht, sondern nur jener einheitliche, ziemlich gut entwickelte Flimmerbogen (lèvre bran-

chiale de la gouttière). Nur in dem dem Endostyl benachbarten Theile, da wo die dorsalen Flimmerstreifen des Endostyls in den Flimmerbogen übergehen, beobachtet man zuweilen auf eine kürzere Strecke eine Vorfalte (Fig. 20 B). Es ist die Anwesenheit dieser auch schon am Totalpräparat zu sehen (Fig. 13). In einem Falle allerdings beobachtete ich, was ich nicht verschweigen will, in der Mitte der einen Seite des Flimmerbogens auf eine kürzere Strecke eine vordere Ringfalte (Fig. 21). Sie lag in einem kleinen Abstand von dem eigentlichen Flimmerbogen entfernt und unterschied sich durch ihr niedriges, flimmerloses Epithel deutlich von jenem. Ich möchte diesem vereinzelten Falle aber keine besondere Bedeutung beilegen und betrachte es nur als einen zufälligen Befund.

Der Flimmerbogen ist bei ein und demselben Thiere nicht an allen Stellen von gleicher Höhe. In der Nähe des Endostyls ist er gewöhnlich am höchsten und wird gegen die beiden Seiten und auch gegen die Dorsalfalte hin etwas niedriger. Die Zellen sind auf der Höhe des Walles prismatisch und tragen an ihrer Oberfläche ziemlich starke Wimpern. An der Basis werden die Zellen mehr kubisch und gehen allmählich in die flachen Zellen der Präbranchialzone über. Im Flimmerbogenepithel treten auch stets Drüsenzellen auf, und zwar befinden sich dieselben meistens in den mittleren Abschnitten jeder Bogenhälfte. In die den Flimmerbogen bildende Epithelfalte wuchern Mesenchymzellen und Zwischensubstanz aus der primären Leibeshöhle hinein. Das Mesenchymgewebe umschliesst stets eine oder mehrere bogenförmig im Flimmerbogen verlaufende Blutbahnen.

Obwohl sich die dorsalen Theile bei den beiden Bogenhälften unter spitzem Winkel nähern, besteht doch keine Epibranchialrinne, denn der Flimmerbogen flacht sich jederseits beträchtlich ab und geht unmerklich in die Dorsalfalte über.

3. Endostyl.

Der Endostyl (gouttière hypobranchiale) der die ventrale Medianzone des Kiemendarms einnimmt, stellt auch hier, wie bei den meisten Ascidien, ein hoch differenzirtes, symmetrisch gebautes Organ dar. Es lassen sich auf jeder Seite drei Flimmerstreifen und drei Drüsenstreifen und ein median gelegenes unpaares Mittelstück unterscheiden (Fig. 21, 41

und 39). Flimmerstreifen wie Mittelstück fallen stets durch besondere Färbbarkeit auf.

Die dorsalen Flimmerstreifen, die rechts und links vom Eingang in die Endostylrinne liegen, bestehen aus einer Schicht von cylindrischen bis kubischen Flimmerzellen, die seitwärts allmählich in das Plattenepithel des Kiemendarms übergehen. Nach innen zu folgt auf die dorsalen Flimmerstreifen jederseits eine wimperlose, aus etwas flacherem Epithel bestehende Zwischenzone, die gewöhnlich nicht besonders benannt wird. Daran schliessen sich die dorsalen Drüsenstreifen, die aus einem gleichfalls einschichtigen, aber aus sehr langen keilförmigen Zellen zusammengesetzten Epithel bestehen. Die Gestalt eines solchen Drüsenabschnittes ist bohnenförmig. Die Zellkerne sind von rundlicher Gestalt und liegen an den der Leibeshöhle zugekehrten Enden, während nahe der Endostylrinne sich meist Sekretvakuolen befinden.

Die mittleren Flimmerstreifen bestehen aus kleinen cylindrischen Flimmerzellen, deren längliche Kerne nicht immer in gleicher Höhe liegen, so dass diese Zone an manchen Stellen den Eindruck macht, als ob sie mehrschichtig wäre. Das Gleiche ist auch bei dem im übrigen vollkommen gleich gebauten ventralen Flimmerstreifen der Fall. Auch der mittlere und ventrale Drüsenstreifen sind von dem dorsalen nicht wesentlich verschieden. Zwischen den beiden ventralen Drüsenstreifen liegt der die beiden symmetrischen Hälften verbindende unpaare Medianstreifen. Die Zellen dieser Zone sind prismatisch und tragen je eine mächtige Geissel, die meist länger sind, als die ganze Höhe des Endostyls.

Der vom Flimmerbogen bis in die Nähe des Ösophaguseingangs verlaufende Endostyl schliesst sich an diesen beiden Endpunkten blindsackartig. An dieser Blindsackbildung nehmen, wie man auf Schnittserien deutlich verfolgen kann, die dorsalen Flimmerstreifen nicht Theil, sondern diese gehen vorn und seitlich in den Flimmerbogen über, während sie hinten die Bildung der Retropharyngealrinne bewerkstelligen (Fig. 24 C.). Von der Leibeswand ist der Endostyl, abgesehen von seinem hinter der Präbranchialzone beginnenden Anfangstheil, ziemlich weit entfernt, indem er von einem meist sehr hohen Septum getragen wird, dessen Einzelheiten ich im nächsten Kapitel behandeln werde.

4. Dorsalfalte.

Dem ventral verlaufenden Endostyl entspricht auf der dorsalen Seite die Dorsalfalte (raphé dorsal). Das Organ stellt eine membranartige Längsfalte des entodermalen Kiemendarmepithels dar und besitzt eine recht ansehnliche Höhe und sehr verschiedene Gestalt. Seine Wandungen sind entweder straff ausgespannt (Fig. 22 und 23) oder mehr oder minder stark wellenförmig nach rechts und links hin ausgebogen, so dass das Ganze eine undulirende Membran darstellt. Das freie ventrale Ende der Dorsalfalte ist entweder kolbig angeschwollen oder spitz zulaufend (Fig. 22). Sehr häufig krümmt sich die ganze Dorsalfalte oder nur ihr ventraler Abschnitt nach einer Seite hin und zwar dann gewöhnlich nach rechts. Am dorsalen, der Kiemenwand zunächst liegenden Ende der Dorsalfalte tritt zuweilen rechts neben der eigentlichen Dorsalfalte und von dieser häufig etwas überdacht, eine besondere rinnenförmige Vertiefung, die Dorsalrinne oder Dorsalfurche (gouttière dorsale Lacaze-Duthiers) auf Julin. nennt sie gouttière médio-dorsale oder gouttière épibranchiale. Die erste Bezeichnung dieses Autors bezieht sich darauf, dass sie thatsächlich in der Mittellinie liegt, während die eigentliche Dorsalfalte, streng genommen, meist etwas links von der Mittellinie verläuft. Den Ausdruck „Epibranchialrinne", den Julin gewöhnlich für die Dorsalrinne anwendet, möchte ich, entsprechend der in Bronn's Klassen und Ordnungen vertretenen Nomenclatur in dem bereits oben (p. 29) angeführten Sinne angewandt wissen. Nach Julin's Beschreibung nimmt die Dorsalrinne ihren Anfang hinter dem Flimmerbogen und verliert sich erst im Eingang des Oesophagus. Lacaze-Duthiers dagegen lässt bei seiner socialen Form nur in der mittleren Partie eine Dorsalfalte auftreten, während er bei seiner solitären Form und der jungen socialen angiebt, dass sie überhaupt fehle. Ich glaube, allen drei Ansichten Recht geben zu müssen, denn ich sah die Rinne bald fast ganz fehlen, oder nur stellenweise auftreten oder die Dorsalfalte in ihrem ganzen Verlaufe begleiten. Es bestehen also hier in der That grosse individuelle Variationen.

Die Wandungen der Dorsalfalte stellen ein einschichtiges Flimmerepithel dar, das in der mittleren Partie cylindrisch ist, während es in den

ventralen Abschnitten, dem freien Ende zu mehr kubisch wird. Auch das Epithel der Dorsalrinne ist ein kubisches Flimmerepithel. Das Innere der Dorsalfalte ist angefüllt mit Mesenchymgewebe, in welchem, insbesondere im dorsalen Theile, umfangreichere Blutbahnen auftreten. In dem Vordertheile der Dorsalfalte finden sich im dorsalen breiteren Theile auch noch einige Muskelfibrillen (Fig. 23), doch fehlen dieselben weiter hinten. Längs der Flimmerwände sieht man einen mit Nahrungskörpern aller Art beladenen Schleimfaden hinziehen, doch Drüsenzellen konnte ich in den Wandungen der Dorsalfalte nur spärlich nachweisen, so dass wohl die Hauptaufgabe der Dorsalfalte in der Weiterleitung der Nahrungskörper nach dem Oesophagus zu besteht, was auch durch die Anwesenheit einer Dorsalrinne unterstützt wird.

Die vom Flimmerbogen bis zum Oesophagus verlaufende Dorsalfalte beginnt vorn, ungefähr in der Mitte des Gehirnganglions, gleich mit ziemlicher Höhe (Fig. 19 und 23). Es ragt damit die Dorsalfalte weiter nach vorn als die Kiemenspaltenregion. Gegen ihr hinteres Ende nimmt die Dorsalfalte immer mehr an Höhe ab, tritt auf die linke Seite der Hinterwand des Kiemendarms und hört neben der Mitte des Oesophageingangs ganz auf. Dort stösst sie, wie ich im nächsten Abschnitt noch besonders auseinandersetzen werde, mit dem Ende des aus dem Endostyl hervorgegangenen Retropharyngealbandes zusammen. Die die Dorsalfalte an die äussere Peribranchialwand befestigenden Septen finden im Kapitel VII ihre Besprechung.

5. Hinterwand des Kiemendarms.

Die vom Ösophageingang durchbrochene Hinterwand des Kiemendarms (aire oesophagienne) weicht ebenfalls erheblich in ihrem Bau von den seitlichen, von den Spiraculis durchsetzten Theilen des Kiemendarms ab. Sie liegt im hintersten dorsalen Drittheil des Körpers und wird begrenzt: ventral vom Endostyl, dorsal von der Dorsalfalte und seitlich von den eigentlichen Kiemen (Fig. 30). Diese Zone erhält noch ein besonderes Interesse durch die Beziehungen der Dorsalfalten- und Endostylenden zum Oesophagealmund. In der Nähe des Oesophageingangs schliesst sich, wie ich bereits oben ausgeführt habe, der Endostyl blindsackförmig (Fig. 24 B).

Seine dorsalen Flimmerstreifen und vielleicht auch noch die oberen Drüsenstreifen des Endostyls setzen sich in eine Retropharyngealrinne fort. Es lassen sich nämlich im hintersten Endostylabschnitt die sonst für den Endostyl so typischen Abschnitte nicht mehr scharf abtrennen, sodass es schwer festzustellen ist, welche Theile an der Bildung der beiden Flimmerkämme der Retropharyngealrinne (Fig. 24C) theilnehmen. Die Rinne (Fig. 24A) verläuft bis gegen den Oesophaguseingang. Der linke Flimmerkamm der Retropharyngealrinne setzt sich in den linken Wall des Oesophagus, in das sog. linke Periösophagealband fort. Dieses verliert sich beim Oesophaguseingang in dem Hinterende der Dorsalfalte; indem sich nämlich die Dorsalfalte immer mehr abflacht, gehen sie beide unmerklich in einander über. Der rechte Flimmerkamm des Retropharyngealbandes verliert sich in dem viel breiteren Kraterrand des Oesophagus, dem sog. rechten Periösophagealband oder Retropharyngealband, vollständig. Die beiden Schenkel des Retropharyngealbandes, resp. des Periösophagealbandes bestehen aus einem meist cylindrischen Flimmerepithel.

6. Kiemen.

Die als Kiemen funktionierenden Seitenwände stellen bei weitem den umfangreichsten Theil des Kiemendarms dar. Das respiratorische Organ lässt sich naturgemäss scheiden in: die primäre, von Kiemenspalten durchbrochene (zweischichtige) Kiemenwand und die erst sekundär an ihrem innern entodermalen Kiemendarmepithel auftretenden, längs- und querverlaufenden Faltungen, die als innere Längs- und innere Quergefässe bezeichnet werden. Diesen ins Lumen der Kiemendarmhöhle vorspringenden Gefässen stehen also die in der Ebene der Kiemenspalten gelegenen, als interspirakulare (äussere) Längs- und Quergefässe bezeichneten Theile gegenüber (Fig. 25—27). Am frischen Thiere erscheint der gesammte Kiemendarm, in Folge der pigmentirten Mesenchymzellen, in röthlicher Farbe, auf dem sich die inneren Längs- und Quergefässe als weisse Stränge hinziehen. Bei genauerer mikroskopischer Betrachtung sieht man, dass auch das die Spalten umgrenzende Epithel pigmentlos ist.

Die Kiemenspalten (stigmates branchiaux Julin, trémas Lacaze-Duthiers) sind in Form und Grösse sehr verschieden. Die weitaus verbreitetste Form

ist die länglich schlitzförmige. Die Längsseiten der Spalten sind oft sehr langgestreckt und entweder vollkommen geradlinig oder etwas ausgebuchtet. Die Schmalseiten sind gewöhnlich bogenförmig, seltener geradlinig, und dann die gesammte Spaltenform mehr rechteckig (Fig. 25). Sehr häufig tritt uns auch die ausgesprochene elliptische Form entgegen (Fig. 26), die insbesondere auch bei jüngeren Thieren zu finden ist, wo die relativ kleinen Spalten dann fast rundlich sind (Fig. 27). Die in ein und demselben Thiere ziemlich gleichmässig gestalteten Spalten weisen am Hinterende der Kiemen meist sehr unregelmässig gestaltete Formen auf. Die Grösse der Spalten ist sehr verschieden. Selbst innerhalb eines durch die inneren Quer- und Längsgefässe gebildeten rechtwinkligen Maschenraums kommen kleine und grosse Perforationen neben einander vor (Fig. 26). Zuweilen erstreckt sich eine Spalte auch durch zwei Felder hindurch (Fig. 25). Die einzelnen, in Querreihen angeordneten Spalten liegen nicht immer in gleichen Entfernungen von einander. Bald befinden sich zwischen den Spalten noch grössere undurchbrochene Zwischenräume, bald stellt die Kieme ein zierliches Gitterwerk dar, indem die Brücken zwischen den Perforationen bedeutend zurücktreten und nur sehr schmal sind. Die Zahl der in einer Masche, d. h. zwischen zwei inneren Längsgefässen, nebeneinander liegenden Kiemenspalten schwankt gewöhnlich zwischen 1—8. Bedeutend grösser noch ist die Zahl links und rechts von dem Endostyl und dem jeweiligen ersten zunächstliegenden inneren Längsgefässe, wo die Zahl bis auf 16 steigen kann.

Auf die Beschreibung der inneren Längsgefässe (côtes longitudinales Julin, sinus longitudinaux Lacaze-Duthiers) ist von den Autoren immer ein besonderes Gewicht gelegt worden. Ich möchte sagen mit Unrecht, denn die controvers lautenden Angaben über Zahl und Anordnung sind allein schon ein genügender Beweis für die grosse Inkonstanz des Baues der Kiemen. Die Ergebnisse meiner an vielen Thieren aufgestellten Tabellen decken sich im Wesentlichen mit den von Lacaze-Duthiers und Delage für die solitäre Form angegebenen Zahlen. Die beiden Kiemendarmhälften verhalten sich nämlich bezüglich der Zahl und der Vertheilung ihrer Längsgefässe nicht vollkommen gleich. Die linke Kiemendarmhälfte ist ausgerüstet mit 10—12 Längsgefässen (Fig. 30). In der rechten Kiemendarmhälfte ist

die Zahl der inneren Längsgefässe grösser, und die ersten 3—6 der Dorsalfalte zunächst liegenden Längsgefässe sind sehr nahe zusammengerückt (Textfigur 2), die immer nur ein oder höchstens zwei Spalten zwischen sich haben. Nach der Hinterwand des Kiemendarms zu weichen jedoch diese Längsgefässe wieder etwas weiter auseinander. Auf diese eng zusammenliegenden Längsgefässe folgen dann in der rechten Kiemendarmhöhle noch 8—9 weiter von einander entfernte Längsgefässe. Diese nahe beisammenliegenden Längsgefässe stellen aber, wie Kupffer und insbesondere Lacaze-Duthiers hervorheben, keine wirkliche Falte dar. Kupffer sagt: „Dorsalwärts findet sich ein wallartiger Wulst, an dem die Längsrippen näher zusammenrücken". Lacaze-Duthiers hebt öfters nachdrücklich hervor, dass es keine wahre Falte ist, und führt weiter aus, dass ein solcher Wulst bei der socialen Form kaum mehr vorkomme. Traustedt und Julin sprechen allerdings rundweg von einer pli branchial, jedoch hebt Julin richtig hervor, dass die sie bildenden Gefässstränge im hinteren Körpertheil auseinanderweichen.

Die inneren Längsgefässe erstrecken sich nicht immer alle durch die ganze Kiemenwand, sondern sie sind öfters unvollständig. Auch ihr Verlauf ist zuweilen unregelmässig, indem zwei benachbarte Längsgefässe spitzwinklig zusammenstossen.

Die inneren Quergefässe (côtes transversales) stehen ziemlich senkrecht auf den inneren Längsgefässen, sodass sie mit diesen zusammen rechteckige Felder, die sog. Maschenräume, abgrenzen. Dieselben ziehen jederseits von der Dorsalfalte bis zum Endostyl und kommen in zwei ziemlich regelmässig miteinander abwechselnden Stärken vor. Ihre Gesammtzahl beträgt 25—30 in jeder Kiemendarmhälfte. Die inneren Quergefässe 2. Ordnung sind bedeutend zarter als die 1. Ordnung. Die Quergefässe 2. Ordnung ziehen mitten über die Kiemenspalten hinweg.

Die von den sekundären inneren Gefässen gebildeten Maschen schliessen, wie schon oben erwähnt, eine verschieden grosse Zahl von Spalten in sich ein. Die grössten Maschen sind die an den Endostyl angrenzenden Felder.

Die in der primären Kiemenwand zwischen den Spalten verlaufenden interspirakularen Längs- und Quergefässe haben einen verschieden grossen

Umfang, da die Zwischenräume zwischen den Spalten verschieden gross sind. Auf Durchschnitten (Fig. 28 u. 29) sieht man, wie das die Spalten begrenzende Epithel aus cylindrischen, mit langen Flimmern ausgerüsteten Zellen besteht, während die die Peribranchialhöhle resp. Kiemendarmhöhle begrenzenden Wände von einem sehr flachen, nur wenige Kerne führenden Plattenepithel gebildet werden. Bei starker Vergrösserung und Hämatoxylinfärbung sieht man das Lumen der äusseren Längsgefässe mit einer schmalen Gallertschicht ausgekleidet, in der einige Bindegewebszellen eingelagert sind. Ferner sieht man zuweilen auch, dass die Basalenden der langen Flimmern bis zu den Kernen reichen.

Schnitte, die durch die interspirakularen Quergefässe, also parallel den inneren Quergefässen, zwischen diesen und den Kiemenspaltenenden geführt sind, zeigen uns zwei ziemlich dicht zusammenliegende Membranen. Die eine davon gehört natürlich dem entodermalen Kiemendarmepithel, die andere dem ektodermalen inneren Peribranchialepithel an. Zwischen den beiden Wänden ist ab und zu auch eine Blutzelle zu erkennen.

Das Epithel der inneren Längs- und Quergefässe ist cylindrisch und ist mit einem, jedoch nicht immer gut erhaltenen, Flimmerbesatz ausgerüstet.

Die Kiemenwände stehen mit dem äusseren Peribranchialepithel durch die sog. Trabekels (trabécules vasculaires) in Verbindung. Sie befinden sich gewöhnlich an den den Kreuzungspunkten der inneren Längs- und Quergefässe entsprechenden Stellen (Fig. 29; Textfig. 2). Ihre Zahl ist sehr gross, und sie erreichen, je nach dem Abstand der beiden Peribranchialepithelien, zuweilen eine recht beträchtliche Länge. Die Wände bestehen aus einem sehr flachen Epithel und umschliessen gewöhnlich nur ein feines Lumen, das als Blutbahn dient und Blutzellen führt. Es bestehen somit durch die zahlreichen Trabekel, das Endostyl-, Dorsalfalten- und Hinterwandseptum sehr reichliche Verbindungen zwischen dem äusseren und inneren Peribranchialepithel.

VI. Verdauungstraktus.

Der Verdauungsschlauch liegt in der linken hinteren Hälfte der primären Leibeshöhle und ist überzogen von besonderen Faltungen der Peribranchialwände. Er stellt eine einfache Schlinge dar, an der man einen absteigenden und einen aufsteigenden Schenkel unterscheiden kann. Er gliedert sich in: Oesophagus, Magen, Mittel- und Enddarm. Die ersten drei Abschnitte bilden den absteigenden und der Enddarm mit dem Rektum den aufsteigenden Schenkel. Zwischen dem ab- und aufsteigenden Schenkel der Schlinge, dem Endteil des Magens und dem gegenüberliegenden Intestinalabschnitt, befindet sich ein Ligament.

Der sehr kurze Oesophagus ist im hintersten Körperabschnitt in der Medianebene dorsal gelegen (Fig. 30). Er ist gewöhnlich, wenigstens im conservirten Thiere, schwach längsgefaltet. Sein Lumen ist von vorn bis hinten ziemlich gleich weit, nimmt aber gegen den Magen hin etwas zu, wo auch die Faltungen etwas deutlicher werden, um dann unmerklich in die zahlreichen Falten des Magens überzugehen. Seine vordere, in die Hinterwand des Kiemendarms einmündende Oeffnung ist, wie bereits oben besprochen, wallartig aufgeworfen. Mit seinem hinteren Ende ist er schief nach unten gerichtet, um auf der linken oberen Seite in den Magen überzugehen.

Sein Epithel besteht aus cylindrischen, mit starken Wimpern versehenen Flimmerzellen (Fig. 31), während sein äusserer peribranchialer Ueberzug von einem sehr flachen Plattenepithel gebildet wird. Zwischen den beiden befindet sich eine ziemlich breite, mit einigen Blutlakunen durchzogene Mesenchymschicht.

Den umfangreichsten Theil des Darmkanals stellt der Magen dar. Er hat eine ei- oder spindelförmige Gestalt und lässt schon äusserlich deutlich hervortretende Längsfalten erkennen (cannelirter Magen). Er verläuft von hinten dorsal nach vorn ventral derart, dass sein Anfangstheil am weitesten nach hinten und sein in den Darm übergehendes Ende am weitesten

nach vorn zu liegen kommt. Auf seiner vorderen, dem Intestinum zugewandten Fläche verläuft von der Cardia bis zum Pylorus ein durch besondere Breite auffallender Längswulst (côte oesophago-pylorique Lacaze-Duthiers), der, von innen gesehen, eine tiefe Rinne darstellt, die kurzweg als Magenrinne (gouttière stomacale) bezeichnet wird. Auf Querschnitten sind die Magenrinne wie die übrigen Magenfalten besonders deutlich zu sehen (Fig. 32).

Die einzelnen Falten, die von den französischen Autoren als Leberstreifen (côtes hepatiques) bezeichnet werden, haben eine ziemliche Höhe. Ihre Zahl schwankt zwischen 16 und 18 und wird nach den beiden Enden zu immer geringer. Den hohen Falten entsprechen natürlich ebensoviele tiefe Rinnen.

Die Wandungen der Magenfalten bestehen aus einem hohen cylindrischen Epithel, das auf seiner ans Lumen des Magens grenzenden Seite einen Flimmersaum trägt. Die an den äusseren Enden gelegenen Kerne sind länglich gestaltet und so ziemlich in der gleichen Höhe gelegen. Das Innere der Zellen ist mit Sekrettropfen von gelblicher Farbe angefüllt, die man an mehreren Orten, ins Lumen einwandernd, antrifft (Fig. 33). Die Sekretzellen treten namentlich an den Seitentheilen der Falten auf und werden nach der Höhe der Falten zu spärlicher. An den Spitzen der Falten beobachtet man vielfach auch, dass sich ganze Zellen aus dem Verbande loslösen und in den freien Magenraum gelangen (Fig. 33).

Das die Magenfalten von aussen umgebende Mesenchymgewebe ist von vielen Blutlakunen durchsetzt. Einige dieser Blutbahnen fallen durch besondere Grösse auf und haben auch deutliche Endothelwände. Muskelfibrillen konnte ich in dem den Magen umgebenden Gewebe nicht nachweisen, ist ja doch eine allgemeine Bewimperung des Epithels vorhanden, die zur Fortbewegung der aufgenommenen Nahrung ausreicht. Die zwar in allen Geweben vorkommenden Zooxanthellen treten in der Nachbarschaft des Magens in besonders grosser Anzahl auf und lassen die roth pigmentirten Mesodermzellen ganz in den Hintergrund treten. Sie bedingen dadurch, dass die Gesammtfarbe des Magens am frischen Thiere gewöhnlich eine mehr gelbliche ist. Ziemlich konstant im Magen vorkommende Parasiten sind Gregarinen, die man neben den Zooxanthellen, sowohl massenhaft im

Lumen des Magens als, im Begriff einzuwandern, im Epithel steckend, antrifft.

Julin, der die Gregarinen auch schon bei sehr kleinen, nur 3 mm messenden Thieren angetroffen und auch dort ihre Einwanderung beobachtete, glaubt, dass in gleicher Weise die fast constant in sämmtlichen Geweben der Acidien vom Larvenstadium an vorkommenden grünlichgelben Algen-Zooxanthellen zunächst in den Darm einwandern, um von diesem aus die anderen Gewebe zu inficiren. Dieser hypothetischen Erwägung möchte auch ich beipflichten, jedoch bin ich geneigt, anzunehmen, dass der Darm nicht die einzige Stelle ist, von der aus dies erfolgt, sondern ich möchte vielmehr auch glauben, dass dies auch von andern Stellen, insbesondere überall vom Peribranchialepithel aus, erfolgen kann. In die Peribranchialhöhle müssen sie doch mittels des durch die Kiemenspalten fliessenden Athem-Wassers gelangen und hier das äussere Peribranchialepithel ebenso gut durchwandern können, wie sie das Darmepithel oder das ektodermale Hautepithel durchwandern können. Von der ausserordentlichen Beweglichkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Reagentien konnte ich mich oftmals hinlänglich überzeugen.

Von dem Epithel der Magenfalten unterscheidet sich das der Magenrinne durch seinen stärkeren Wimperbesatz. Auch hier enthält das hohe cylindrische Epithel Sekretzellen und zuweilen noch grosse Sekretvakuolen. Die Magenrinne ist an ihrem Pylorus-Ende vielfach blindsackartig erweitert. Dieses als Pylorus-Blindsack (caecum pylorique) bezeichnete Gebilde besteht gleichfalls aus einem hohen, mit Drüsenzellen ausgestatteten Flimmerepithel. Die Grösse dieses Organs ist sehr verschieden. Meist ist es scharf vom übrigen Magen abgesetzt und bietet auf Totalpräparaten das Bild eines dem Magen anliegenden Bläschens oder Säckchens, in das seitlich nahe der Ursprungsstelle aus dem Magen der Hauptausführungskanal der darmumspinnenden Drüse einmündet. Zuweilen ist aber kein scharf abgesetzter Pylorus-Blindsack vorhanden, sondern es ist die Magenrinne in ihrem unteren Ende nur etwas stärker ausgeweitet, sodass dann der Hauptausführungsgang der darmumspinnenden Drüse direct in die Magenrinne einmündet. So kommt es denn auch wohl, dass Julin keines besonderen Pylorus-Blindsackes Erwähnung thut und den Hauptausführungsgang direct in die Magenrinne

einmünden lässt. Aus denselben Gründen ist es wohl auch zu erklären, dass Lacaze-Duthiers das Gebilde nur bei seiner Solitärform vorhanden glaubt.

Die beiden vom Pylorus-Blindsack gegebenen Bilder (Fig. 34 u. 35) zeigen denselben einmal weit unterhalb des Zusammenhangs mit der Magenrinne und ziemlich weit vom Magen entfernt liegend. Das andere Mal gerade mit der seitlichen Einmündung des Hauptausführungskanals und unmittelbar vor dem Zusammenhang des Organs mit der Magenrinne. Der Pylorus-Blindsack ist vielfach auch, wie der Magen, mit Gregarinen angefüllt, einmal fand ich ihn buchstäblich vollgepfropft.

Der Pylorus-Blindsack, der also auf verschiedenen Ausbildungsstufen angetroffen wird, stellt nur eine erweiterte, mehr oder weniger stark abgeschnürte Parthie der Magenrinne dar und ist als ein Reservoir für die Secrete der darmumspinnenden Drüse aufzufassen, um diese von da aus im geeigneten Augenblicke in den Darm zu entleeren.

Das Intestinum geht ohne scharfe Grenze aus dem Magen hervor, da die Falten des letzteren nicht plötzlich aufhören, sondern, sich allmählich verlierend, noch auf den Anfangstheil des Intestinums übergehen. Der an den Magen anschliessende Darmabschnitt verläuft in derselben Richtung wie dieser, nach vorn, biegt dann erst senkrecht nach oben, gleich darauf wieder rechtwinklig nach hinten, um in kurzem Abstand über der absteigenden Darmschlinge wieder in der Richtung auf den Magen zurückzulaufen (Fig. 30). Nach dieser ersten Krümmung verläuft er dann auch gerade bis zum Oesophagus nach hinten, macht dann eine zweite schwächere Krümmung, um den letzten Darmabschnitt bis in die Nähe der Egestionsöffnung zu senden. Die erste (doppelte) Krümmung ist mit ihrer Convexität nach vorn gerichtet, die zweite umgekehrt mit ihrer Convexität nach hinten. Diese zweite Krümmung ist bei jungen Thieren oft kaum vorhanden. Es besteht somit das Intestinum aus: 1) einem gewöhnlich nur kurzen, an den Magen anschliessenden und bis zur ersten Krümmung reichenden Mitteldarm; 2) einem an dieser Krümmung beginnenden, ungefähr parallel zur unteren Darmschlinge verlaufenden und bis zur zweiten Krümmung reichenden, oberen ziemlich langen Enddarm; 3) endlich einem wieder an diese Krümmung anschliessenden Rectum mit dem After.

Durch das Intestinum zieht sich eine seichte Rinne, Typhlosolis genannt, die sich fast unmittelbar an die Magenwand anschliesst. Sie verläuft demnach am dorsalen Rande des Mitteldarms, am hinteren Rande der ersten Krümmung, am ventralen Rande des Enddarms, dann am hinteren Rande der zweiten Krümmung und endlich am dorsalen rechten Rande des Rectums. Der Darm ist von einem kubischen bis cylindrischen Flimmerepithel ausgekleidet, das im ersten Darmabschnitt noch am höchsten ist und von dort nach hinten zu allmählich an Höhe abnimmt. Die Darmrinne fällt durch ein höheres Epithel und deutliche Wimpern auf (Fig. 36). Im Darmepithel finden sich auch Sekretzellen, die wiederum in der Darmrinne am besten zu Tage treten. Das Peribranchialepithel ist ein Plattenepithel, das jederseits in die beiden dicht zusammengelagerten Blätter des gleich noch zu besprechenden Mesenteriums übergeht. In dem zwischen den beiden Epithelien gelegenen Mesenchymgewebe, das ein ziemlich dickes Polster um den Darm bildet, sind die Organe der darmumspinnenden Drüse eingebettet.

An der darmumspinnenden Drüse (glande intestinale Julin, glande pylorique Lacaze-Duthiers) kann man deutlich drei verschiedene Abschnitte unterscheiden: 1. die ampullenförmigen Endbläschen, 2. deren kleine verzweigte Ausführungsgänge, die sich in immer grössere Kanäle sammeln und 3. endlich den gemeinsamen Hauptausführungsgang. Das Verbreitungsgebiet der darmumspinnenden Drüse erstreckt sich über sämmtliche Theile des Intestinums. Auch in dem an den Magen sich anschliessenden Mitteldarm findet man Ampullen, wenn dieselben dort auch noch ziemlich spärlich sind (Fig. 36). In den hinteren Intestinalabschnitten erscheinen zuweilen die Ampullen in so grosser Menge um den Darm gelagert, dass sie sich gegenseitig zusammenpressen und in den Querschnitten wie ein stark durchlochtes, weitmaschiges Sieb aussehen, das ringförmig das Darmepithel umgiebt. Die Ampullen (acini) stehen, wie schon aus dem eben Gesagten folgt, gewöhnlich senkrecht zum inneren Darmepithel, doch nehmen sie, wo sie nicht in so grosser Zahl vorhanden sind, ausnahmsweise auch einmal schiefe oder parallele Lagen an. Auch ihre Gestalt ist von ihrer Häufigkeit und Lagerung abhängig, sodass sie bald oval, bald kreisförmig, bald unregelmässig geformt erscheinen (Fig. 36 u. 37). Das die Ampullen bildende Epithel ist flach und geht jederseits in das etwas höhere Epithel

der ausführenden Kanäle über. Das Lumen der Acini fand ich gewöhnlich gefüllt mit einer wasserklaren Flüssigkeit, zuweilen war auch geronnenes Eiweiss darin enthalten. Die auf dem Querschnitte kreisförmigen Ausführungsgänge zeichnen sich durch ihr dickeres Epithel aus, sodass sie von den runden Acini gut unterscheidbar sind. Ausserdem aber lässt sich in den Ausführungskanälen eine deutliche Wimperauskleidung nachweisen (Fig. 37).

Die kleinen Kanälchen, die an die Acinis anschliessen, vereinigen sich zu grösseren Kanälen, die nach einem gemeinsamen Punkte hinzielen, um sich an der ventralen Seite des hinteren Endes des aufsteigenden Intestimalastes zu einem gemeinsamen Hauptausführungsgang zu vereinigen. Derselbe tritt dort (Textfig. 3), in ein Septum (ligament intestino pylorique Lacaze-Duthiers et Delage) eingebettet, zum Pylorusblindsack resp. zur Magenrinne über, um hier seitlich einzumünden und dem Darm die Secrete der darmumspinnenden Drüse zuzuführen.

Das Rectum (portion rectale), dessen es noch eine besondere Besprechung bedarf, ist nach vorn und innen gerichtet, um dorsal links neben der Medianebene mit dem After (Anus) zu enden. Derselbe liegt also an der hinteren Grenze der Kloake und ist beim ausgewachsenen Thiere stets mehr dorsal und weiter nach vorn gelegen, als der Oesophagus. Auf Total- wie Längsschnittpräparaten sieht man den After am freien Rande etwas trichterförmig erweitert. Die Oeffnung selbst ist kreisähnlich und glatt. Sehr deutlich sieht man hier auch am geöffneten Totalpräparate die Typhlosolis. Die Bewimperung des Epithels tritt am Enddarm wieder stärker hervor und setzt sich auch auf die oberen Ränder des Afters fort (Fig. 38). Diese Ränder fallen, nebenbei bemerkt, auch noch durch besonderen Reichthum an Drüsenzellen auf.

Bezüglich der Befestigung des Verdauungstractus will ich an dieser Stelle nur erwähnen, dass das Intestinum auf seinem ganzen Verlauf vom Magen bis zum After mittels eines fortlaufenden Mesenteriums befestigt ist. Dieses erweist sich, wie im Kapitel VII auseinandergesetzt ist, lediglich als eine von den Peribranchialwänden ausgehende Bildung.

VII. Peribranchialräume und Kloake.

Die einen zusammenhängenden Raum darstellenden Peribranchialhöhlen sind entwicklungsgeschichtlich entstanden aus zwei seitlichen Ectodermeinstülpungen, den Peribranchialbläschen, die den Kiemendarm umwachsen und sich dorsal vereinigen. Der linke und rechte Peribranchialraum sind daher in dem grösseren mittleren dorsalen Theil, der sog. Kloake, mit einander vereinigt und dorsal nur auf bestimmten Strecken, nämlich vorn und hinten durch die beiden gleich zu besprechenden Dorsalsepten getrennt. Ventral dagegen bleiben linker und rechter Peribranchialraum stets durch die ganze Länge des Thieres durch das Endostylseptum und Hinterwandseptum getrennt.

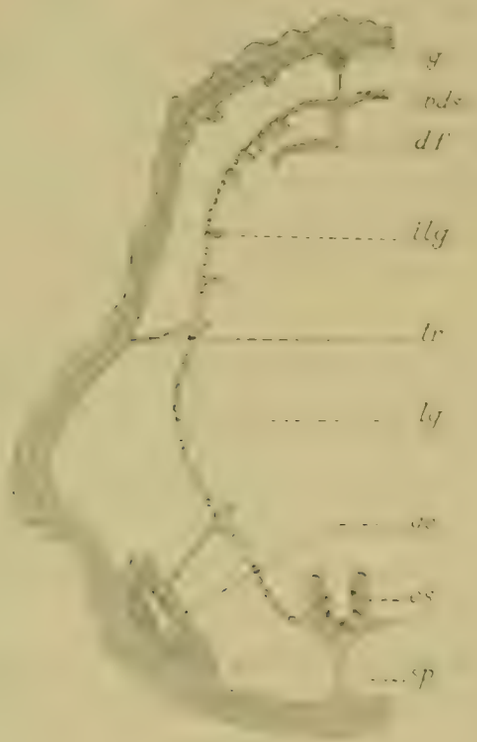
Diesen als primär aufzufassenden Septen stehen gegenüber die secundären, die dadurch entstanden sind, dass der vom Kiemendarm aus wachsende embryonale Darmtractus die Peribranchialwand vor sich hertreibt und von dieser umhüllt wird. Nur der Oesophagus liegt nahezu median zwischen den beiden Blättern eines primären Septums, während der übrige Theil des Darmtractus linkseitig verläuft und die Bildung secundärer Septen im linken Peribranchialraum bedingt.

Die die Peribranchialräume auskleidenden Wandungen, die als äusseres und inneres Peribranchialepithel bezeichnet werden, bestehen aus einem sehr flachen Epithel. Das äussere Peribranchialepithel zeigt nur an einigen, im Dienste besonderer Organe stehenden Stellen eine etwas höhere kubische Zellform, nämlich in der Region der Eileitermündung und in der Region der gemeinsamen Hauptausführungsporen der Samenleiter.

Von den primären Septen ist das ventrale Endostylseptum (septum médio ventral Julin) das längste, indem es den Endostyl in seiner ganzen Ausdehnung begleitet. Es liegt genau in der ventralen Mittellinie da, wo die ventralen Enden der beiden Peribranchialeinstülpungen aneinanderliegen.

Das Endostylseptum wird gebildet von zwei aus sehr flachem Plattenepithel bestehenden Wänden, die bis zur Basis des Endostyls dicht zu-

sammengelagert sind und zwischen sich nur wenige Mesenchymzellen einschliessen. An der Basis des Endostyls angekommen, weichen diese beiden Blätter auseinander, umgeben den Endostyl kelchartig von der Ventralseite und gehen dann in das innere Peribranchialepithel über. Wenn ich eben gesagt habe, dass die Wände des Septums dicht zusammenliegen, so muss ich das dahin verbessern und sagen, dass da, wo Anfang und Ende des



Textfigur Nr. 2.

Schnitt durch die vordere rechte Körperhälfte. 30/1.

g = Ganglion; *vds* = vorderes Dorsalseptum; *df* = Dorsalfalte; *ilg* = inneres Längsgefäss; *tr* = Trabekel; *lg* = äusseres Längsgefäss; *ge* = Geschlechtsorgane; *es* = Endostyl; *sp* = Endostylseptum.

Herzens in Beziehung mit dem Septum treten, die beiden Blätter weiter auseinanderrücken, um die das vordere und hintere Ende des Herzens fortsetzenden Gefässe zwischen sich aufzunehmen. Während der Herzanfang ungefähr in der Mitte der ventralen Mittellinie in das Septum eintritt, fällt

das hintere Ende des Herzschlauches auch ungefähr mit dem Endostylende zusammen.

Nachdem der Endostyl blindsackartig geendet hat, setzt sich sein ventrales Septum auf die Hinterwand des Kiemendarms als „Hinterwandseptum“ fort, indem es an der Retropharyngealrinne bis zum Oesophagus entlang zieht und diesen sogar vollkommen zwischen seinen beiden Blättern aufnimmt (Textfig. 3). Es liegt somit der Oesophagus in der That in einem primären Septum eingeschlossen, das ihn natürlich auch an die äussere Peribranchialwand befestigt.

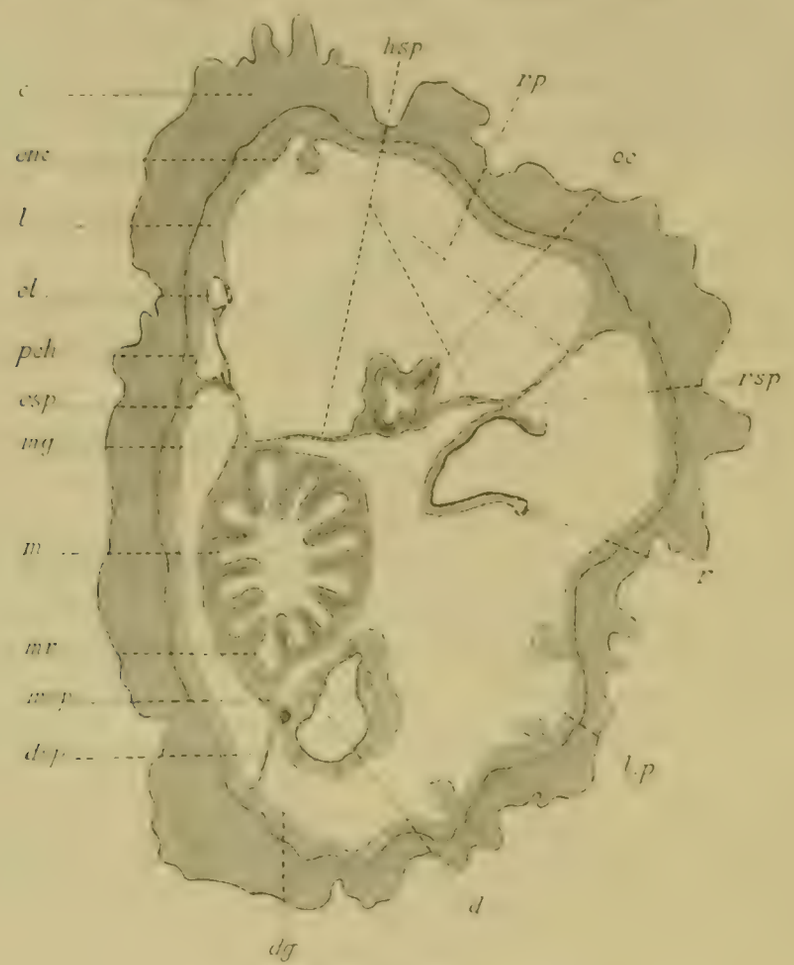
Durch dieses Hinterwandseptum bleiben die umfangreichen Abschnitte der Peribranchialräume, die sich im hinteren Leibesabschnitt des Thieres auslaufen, von einander getrennt.

Auf der Dorsalseite finden sich median zwei von einander getrennte Septen. Erstlich das sehr kurze vordere Dorsalseptum (septum médio dorsal antérieur). Es beginnt hinter dem Flimmerbogen und reicht bis zur vorderen Grenze der Kloake (Textfig. 2). Seine Entstehung ist darauf zurückzuführen, dass die beiden Peribranchialausstülpungen, auch nachdem sich ihre dorsale Vereinigung zum Kloakenraum vollzogen hat, rechts und links selbständig in den Vorderabschnitt des Thieres hineinwachsen und hier nicht nur ventral, sondern auch dorsal getrennt bleiben, wenngleich sie in der Medianebene dicht aneinanderstossen.

Während der gesammte mittlere Theil des Thieres ein dorsales Septum entbehrt, weil hier die Peribranchialräume zur Kloake sich vereinigt haben, verläuft im hinteren Bereich des Kiemendarms auf der Dorsalseite das an das Hinterwandseptum anschliessende hintere Dorsalseptum (septum médio dorsal posterieur). Es begleitet den letzten Abschnitt der Dorsalfalte vom Oesophagus bis zur Höhe des Afters resp. der hinteren Grenze der Kloake.

Zu den sekundären, durch den Verlauf des Darms bedingten Septenbildungen rechne ich zunächst eine an der Ventralseite auftretende Faltung, indem das Endostylseptum kurz nach dem blindsackartigen Schluss des Endostyls einen Verbindungsast zum Magen sendet. Es geht nämlich von der linken Seite des Septums eine kurze Verbindungsbrücke zur hinteren rechten Magenwand (Textfig. 3). Ich möchte dieselbe, gleich Julin, da sie gewissermassen das Gekröse des Magens darstellt, als Magengekröse (mésogastre)

bezeichnen. Es hat diese Verbindung, wie wir noch sehen werden, eine grosse Bedeutung für das Herzende und den Blutkreislauf.



Textfigur Nr. 3.

Schnitt durch die hintere Körperregion. 50/1.

c = Cellulosemantel; *enc* = Endocarp; *l* = primäre Leibeshöhle; *cl* = Eileitermündung; *pch* = Pericardialhöhle; *csp* = Endostylseptum; *mg* = Magengekröse (mésogastre); *m* = Magen; *mr* = Magenrinne; *msp* = Magenseptum; *dsp* = Darmseptum; *dg* = Ausführungsgang der darmumspinnenden Drüse; *d* = obere Darmschlinge; *l.p.* = linker hinterer Peribranchialraum; *r* = Rectum; *rsp* = Septum des Rectums; *oe* = Oesophagus; *r.p.* = rechter hinterer Peribranchialraum (Brutraum); *hsp* = Hinterwandseptum.

Das secundäre Darmseptum (mésentère) begleitet das gesammte Intestinum vom Magen bis zum After. Es verläuft dieses Mesenterium,

wenn ich mit der Schilderung am Rectum beginnen darf (vergl. Fig. 30), folgendermaassen: 1) an der hinteren rechten Seite des Rectums, 2) an der hinteren Convexität der 2. Eingeweidekrümmung, 3) am ventralen rechten Rande des Enddarms, 4) an der hinteren Concavität der 1. Krümmung, 5) am rechten dorsalen Rande des Mitteldarms und 6) endigt endlich an der dorsalen Fläche des letzten Magenabschnittes. Das Mesenterium geht nämlich hier genau bis zum Hauptausführungskanal der darmumspinnenden Drüse, schliesst diesen in sich ein, biegt dorsalwärts um und verbindet sich mit dem entsprechenden Gekröse des gegenüberliegenden Enddarms. Diese zwischen ab- und aufsteigendem Darmschenkel bestehende Gekrösverbindung (ligament intestino pylorique) ist ausgespannt zwischen dem hinteren Magenende und dem gegenüberliegenden Enddarm und hat den Zweck, den Hauptausführungskanal der darmumspinnenden Drüse dem Magen zuzuführen (Textfig. 3).

Endlich habe ich noch nachzutragen, dass, wie die Figur gleichfalls zeigt, das Gekröse des Rectums aus dem hinteren Dorsalseptum und zwar an dessen linker Seite, umspringt.

Danach kann man, wie Julin hervorhebt, in dem gesammten Peribranchialraum drei Regionen unterscheiden, die hintereinander gelegen sind, aber alle mit einander verbunden erscheinen:

1. Der vordere kürzeste Abschnitt, der bis zum Ende des vorderen Dorsalfaltenseptums reicht, ist durch das Dorsalfaltenseptums einerseits, das Endostylseptum andererseits in zwei vollkommen getrennte Hälften, eine linke und eine rechte, geschieden.

2. Der mittlere Abschnitt reicht bis zum Beginne des hinteren Dorsalfaltenseptums und ist einheitlich in dem Sinne, als nur ventral sich das Endostylseptum befindet, während der rechte und linke Peribranchialraum dorsal durch den als Kloake bezeichneten Raum in Verbindung steht.

3. Der hintere Abschnitt, der den Rest des Körpers einnimmt, ist wieder in zwei vollkommen getrennte Hälften geschieden, durch das Endostylseptum einerseits, das hintere Dorsalseptum und Hinterwandseptum andererseits. Die rechte und linke Hälfte sind hier aussserdem noch durch die Organe, die in ihnen gelagert sind, besonders gekennzeichnet. In den linken Peribranchialraum gleichsam hineingehängt findet sich der Verdauungs-

schlauch, während gegen den rechten Peribranchialraum der Geschlechtsapparat sich vorwölbt. Beim ausgewachsenen Thiere ist der hintere Abschnitt der rechten Peribranchialhöhle meist von Embryonen verschiedensten Alters angefüllt und dient somit als Brutraum (chambre incubatrice). Nach vorn steht dieser Raum natürlich mit dem mittleren Abschnitt der Peribranchialhöhle resp. Kloakenhöhle in Verbindung. Dieser Abschnitt ist noch von einer besonders grossen Zahl von Trabekeln durchzogen, sodass die Embryonen zwischen diesen eingeengt sind. Sie gelangen also, indem sie durch diese vielen Trabekel hindurchwandern, direct in die Kloake und werden dort durch die Contraction der Kloakalwand direkt ausgestossen. Man findet daher auch niemals im linken hinteren Abschnitt oder einem anderen Theile der Peribranchialhöhle Embryonen.

Besondere Organe, die ich an dieser Stelle noch besprechen muss, sind die sog. Endokarpen (endocarpes ou vésicules dermales). An den verschiedensten Stellen des äusseren Peribranchialepithels sehen wir nämlich in die Peribranchialhöhle und den Kloakenraum gerichtete Einstülpungen verschiedenster Gestalt (Fig. 29, Textfig. 3).

Diese Gebilde, die eine mannigfache Deutung erfahren haben, kommen gelegentlich an allen Stellen der Peribranchialwand vor.

Die Endocarps stellen bald nur eine flache Ausstülpung der Wand dar, bald sind sie aber auch an ihrer Basis eingeschnürt, was soweit gehen kann, dass sie birnförmig gestielt erscheinen, und schliesslich mag es auch vorkommen, dass sie ganz abgeschnürt werden und frei in die Peribranchialhöhle fallen. Das flache Peribranchialepithel wird im Bereiche der Endokarps höher und nimmt eine cubische oder gar cylindrische Gestalt an und zwar namentlich an der Spitze der Einstülpung. Die Oberfläche ist vielfach ausgebuchtet und eingezogen, was aber zum Theil auf die Conservirung zurückzuführen ist.

Im Innern sind die Endocarps mit Mesenchymgewebe aller Art, insbesondere auch phagocytären Zellen, angefüllt, niemals aber finden sich Muskelfibrillen darin. In recht grosser Zahl treten zuweilen hier auch die Zooxanthellen auf. Fast ständig und zuweilen in sehr reichlichem Maasse sind Blutlakunen in dieses Mesenchymgewebe eingelagert. Es ist daher die Deutung als Blutgefässorgane (organes vasculaires) schon weit

einleuchtender, als die Annahme, es wären sexuelle Organe. Vielleicht liesse sich auch an Excretionsorgane denken?

Entwicklungsgeschichtlich ist noch zu bemerken, dass sie erst in einer späten Periode der postembryonalen Entwicklung auftreten, und zwar sollen sie sich dann immer in unmittelbarer Umgebung der Geschlechtsorgane und des Endostyls zuerst bilden.

VIII. Mesoderm und primäre Leibeshöhle.

Die in eine gallertartige Zwischensubstanz der primären Leibeshöhle eingebetteten Mesenchymzellen sind von sehr verschiedener Gestalt und Grösse. Meist sind sie rundlich, zuweilen aber auch spindelförmig oder mehr sternförmig. Sehr häufig sind sie phagocytärer Natur und von Fremdkörpern (Algen) aller Art beladen. Dass sie im Stande sind, ihre Gestalt zu verändern und sich zu bewegen, ist durch die Auswanderung derselben in den Mantel und die Umwandlung zu Mantelzellen überzeugend erwiesen. Am frischen Thiere sieht man deutlich, dass die meisten Mesenchymzellen Pigmentkörner in ihrem Plasma einschliessen. Sie sind neben den Muskelfibrillen die Hauptträger der die Körperfarbe des Thieres bedingenden Pigmente. In sehr reichlichem Maasse sind in der primären Leibeshöhle stets auch die ja nirgends fehlenden Zooxanthellen eingelagert.

Die Muskulatur des Körpers lässt sich in zwei Muskellagen, eine äussere circuläre und eine innere longitudinale scheiden, jedoch lassen sich dieselben nicht immer deutlich auseinander halten, da sie sich vielfach unregelmässig durchkreuzen. Die gesammte Muskulatur, die fast direct unter dem ektodermalen Hautepithel gelegen ist, nimmt ungefähr die Hälfte des zwischen dem ectodermalen Hautepithel und dem äusseren Peribranchialepithel gelegenen Raumes ein. Julin bezeichnet den ganzen zwischen den beiden Epithelien gelegenen Mesenchymtheil als „charpente conjonctivo musculaire“, während er, wie die meisten Autoren, sämmtliche Schichten vom Mantel bis zum äusseren Peribranchialepithel mit dem Ausdruck „Körperwand“ (paroi du corps) belegt.

Es ist die gesammte zwischen Hautepithel und äusserer Peribranchialwand gelegene Mesenchymschicht an den meisten Stellen gleich dick, umfangreicher jedoch wird sie da, wo Geschlechtsorgane, Herz und Nervensystem in sie eingelagert sind. Das Herz und insbesondere die Geschlechtsorgane, die einen sehr grossen Raum in der primären Leibeshöhle einnehmen, liegen direct mit ihrer Basis der Muskelschicht auf. Umgekehrt ist die Mesenchymschicht im hinteren Körperabschnitt im Bereiche des Brutraums gewöhnlich etwas dünner.

Ein besonderes Verhalten zeigt die Muskulatur noch im Bereiche der Siphonen, wo sie zunächst einmal fast den ganzen Raum zwischen den beiden Epithelwänden einnimmt und die Mesenchymzellen mehr in den Hintergrund drängt. Ferner lassen sich hier nicht bloss zwei Muskelschichten unterscheiden, sondern drei, indem noch eine äussere Längsmuskulatur auftritt. Die Anordnung ist dann folgendermaassen: Zu innerst, dem Kanallumen zu, liegt eine dicke Schicht von inneren Längsmuskeln, darauf folgt als mittlere die Ringmuskelschicht, die einen wirklichen vollständigen Sphinkter bildet. Und darauf folgt die äussere Längsmuskulatur, die keine eng zusammenliegende Schicht darstellt, sondern es verlaufen die einzelnen Fibrillen strahlig und mehr zerstreut zwischen den Ringmuskelbündeln. Die Anordnung der Muskeln ist in beiden Siphonen vollkommen gleich (Fig. 13, 14).

Endlich weist die primäre Leibeshöhle überall Lückenräume auf, welche als Blutbahnen fungiren, da besondere, mit epithelialen Wandungen versehene Blutgefässe fast nirgends vorkommen. Nur am Magen (Fig. 32) beobachtet man ziemlich constant einige grössere Gefässe mit Wandungen. Zuweilen beobachtet man auch, wie die Mesenchymzellen über kleine Strecken sich abflachen und die Blutbahnen von der Bindegewebsgallerte schärfer abgrenzen. In den Lückenräumen finden sich die als Blutzellen dienenden freien Mesenchymzellen.

IX. Herz und Pericardium.

Der aus dem eigentlichen Herzen und dem Pericardium bestehende doppelwandige Herzschlauch ist auf der ventralen Seite in der primären Leibeshöhle gelegen. Es beginnt das Herz ungefähr in der Mitte der ventralen Mittellinie und verläuft bis gegen das hintere Ende der Ventralseite, sodass seine hintere Grenze auch mit dem Ende des Endostylseptums zusammenfällt. Sein Verlauf ist durch die Lage in der Mitte zwischen Geschlechtsorganen und Endostylseptum genau bestimmt, indem es rechts von jenem und links von diesem liegt (Fig. 41). Es liegt also das Herz, wie die Geschlechtsdrüse, in der rechten Körperhälfte, jedoch sind diese beiden Organe von dem in der Mittellinie gelegenen Endostyl nicht sehr weit entfernt, sodass der Abstand der drei Organe unter sich nicht allzu gross ist.

Die durch die Perikardialhöhle vom Perikardium getrennte Herzwand ist, da sie am conservirten Thiere meist im Contractionszustand angetroffen wird, in unregelmässige Falten gelegt, während die Perikardialwand durch ihre Verbindung mit dem die primäre Leibeshöhle erfüllenden Bindegewebe in Lage gehalten wird.

Die Ränder, an denen die Perikardialwand in die Herzwand übergeht, stossen in der dorsalen Mittellinie des Herzens zusammen und verkleben fest miteinander, so dass die Herzhöhle vollkommen von der primären Leibeshöhle getrennt ist. Nur am Anfang und Endtheil des Herzens öffnet sich die Herzhöhle und verstreicht immer mehr, um schliesslich in das jeweilige vordere oder hintere, das Herz fortsetzende, Gefäss überzugehen.

Verfolgen wir das Herz auf Querschnitten von der Mitte aus nach seinem vorderen Ende zu, so sehen wir, dass es immer mehr auf die Seite des Endostylseptums rückt und schliesslich ganz in dieses eintritt. Dieser vorderste im Septum verlaufende Herzabschnitt ist dadurch ausgezeichnet, dass die vorher eng zusammenstossenden Ränder auseinandergerückt sind und

so die Herzhöhle eine offene Rinne darstellt (Fig. 39). Man sieht, wie sich bis zur Endostylbasis eine grosse Blutbahn erstreckt, die dann weiter Aeste an den Endostyl und den Kiemendarm entsendet. Ein besonderes, den dorsalen Verschluss besorgendes Epikardium fehlt.

Ein ähnliches Verhalten, wie im vorderen, findet man auch am hinteren Ende des Herzens. Auch dieses tritt in gleicher Weise in das ventrale Endostylseptum ein, das dann alsbald in das Hinterwandseptum übergeht. Wie ich nun schon oben auseinandergesetzt habe, steht das Septum der Hinterwand mit dem Magen durch das Magengekröse (mésogastre Julin, ligament mésénterique ventral Lacaze-Duthiers) in Verbindung. Diese Verbindung ist nun von äusserster Wichtigkeit, denn das hier aus dem Herzende hervorgehende Gefäss geht von dem Hinterwandseptum in dieses Gekrösseptum zum Magen über (Textfigur 3). Es wird somit durch die Umkehr des Herzens das Blut das eine Mal vom Kiemendarm zum Magen und das andere Mal vom Magen zum Kiemendarm geführt.

Herz- und besonders Perikardialwand besitzen ein einschichtiges, sehr flaches Epithel. Nur am vorderen und hinteren Herzende werden die Zellen mehr kubisch und die Wand etwas dicker. Die Herzwand ist ferner ausgezeichnet durch sehr feine quergestreifte, parallel verlaufende Längsmuskelfibrillen. Auf Querschnitten sieht man sie natürlich als stark lichtbrechende Körnchen (Fig. 40), die an der der Herzhöhle zugewandten Seite gelegen sind. Auf Flächenschnitten durch das Herzepithel sieht man zuweilen, dass immer zwei der quergestreiften Längsmuskelfibrillen näher zusammenliegen (Fig. 40 B). Die Muskulatur fand ich gleichfalls besonders gut entwickelt an den beiden Herzenden. Eine besondere, die Herzhöhle innerhalb der Muskulatur auskleidende Endothelschicht habe ich nicht wahrgenommen.

X. Geschlechtsorgane.

Ein anderes, in die primäre Leibeshöhle eingelagertes Organsystem stellt der hermaphrodite Geschlechtsapparat dar, von dem ich hier nur die gröberen Verhältnisse berücksichtigen möchte, da sich Julin[16]) in einer

besonderen Abhandlung mit der feineren Structur der Geschlechtsdrüse befasst hat.

Das Organ stellt eine lange cylindrische, unregelmässig gestaltete, auf der rechten ventralen Körperseite gelegene Drüse dar, die sich neben und parallel dem Endostylseptum hinzieht. Zwischen beiden liegt der bereits geschilderte Herzschlauch (Fig. 41). Das vordere, der Ingestionsöffnung zu gelegene stumpfe, blinde Ende geht bis über die Mitte des Körpers hinaus, während das hintere Ende sich fadenförmig verdünnt, um in der Nähe der Egestionsöffnung mit einem dünnen Kanal, dem Ovidukt, zu endigen. Je nach dem Alter und der Körpergestalt des Thieres sind natürlich Ausdehnung und Lage des Organs verschieden. Beim ausgewachsenen Thiere ist das Organ immerhin so stark entwickelt, dass es einen deutlichen Vorsprung in die Peribranchialhöhle bildet.

Die Geschlechtsdrüse setzt sich zusammen aus dem mehr central und der Peribranchialhöhle zu gelegenen Eierstock und dem viellappigen, mehr nach aussen, dem ektodermalen Hautepithel zu gelegenen Hoden. Die beiden Theile lassen sich schon am lebenden Thiere deutlich unterscheiden, indem die Eier durch ihre rothe Farbe auffallen, während die an den Seitenwänden der Drüse gelegenen Hodenlappen von weisser Farbe sind. Deutlicher jedoch tritt die Scheidung noch auf Querschnittpräparaten zu Tage. Man sieht dort deutlich peripher über der Muskelschicht die Hodenlappen, innen die Eier und ungefähr in der Mitte der ganzen Geschlechtsmasse die Eierstockshöhle resp. den Eileiter (Fig. 41 und 43).

Die Eierstockshöhle ist je nach dem verschieden starken Entwicklungsgrade des Hodens einerseits und der Zahl und Grösse der Eier andererseits, mehr oder minder stark eingeengt und abgeplattet, so dass sie an Durchmesser und Gestalt sehr verschieden erscheint. Immer aber lässt sich an ihr deutlich unterscheiden eine äussere, dem Hoden zu gelegene Wand und eine innere, den Eiern benachbarte, während die Seitenränder jederseits bald allmählich, bald unter spitzem Winkel in einander übergehen (Fig. 42 und 43).

Die äussere Wand wird gebildet von einem einfachen platten Epithel, das in der mittleren Partie bewimpert ist, während die beiden Seitentheile der äusseren Wand ohne Flimmerbesatz sind. Es bildet dieser

mediane Theil der äusseren Wand dann gewöhnlich eine tiefe Rinne, die sich nach hinten zu im Bereiche des Eileiters immer mehr verliert. Zuweilen trifft man die beiden Wände der Rinne in Folge der mächtigen Entwicklung der Hodenlappen, dicht aneinandergepresst (Fig. 43).

Die innere Wand stellt die eigentliche, das Keimepithel führende Eierstockswand dar. Sie erscheint, wie Julin besonders hervorhebt, doppelt in dem Sinne, dass nur an den beiden Seitentheilen das Keimepithel sich befindet, während die mittlere Partie der Wand aus gewöhnlichem flachem Epithel besteht. Nach dem Blindende der Drüse jedoch rücken die beiden Keimstellen immer näher zusammen, um schliesslich mit einander zu verschmelzen. Die Eier des Eierstocks sind mit dem Keimepithel bis zum Augenblicke ihrer Reife mit kurzen epithelialen Stielchen befestigt (Fig. 42 und 44), die aus wenigen Zellen bestehen und natürlich direkt in die äusserste Zellenhülle des Eies, die Follikelhülle, übergehen. Unter der Follikelhülle des Eies folgt die innere oder Testazellenschicht. Zuweilen findet man auch einige Testazellen mitten in den Dotter eingelagert. Das Ei ist, je nach dem Alter, mit Dotterschollen mehr oder minder erfüllt, die das Keimbläschen mit seinem stark gefärbten Nucleolus umgeben. Die aus den seitlichen Theilen des Keim- oder Follikelepithels hervorgegangenen Eier sind in der Regel um so grösser und entwickelter, je mehr sie sich der Mittellinie des Eierstockes nähern, während an den Seitenwinkeln nur kleine jugendliche Geschlechtszellen liegen. Der ganze Eierstock bekommt dadurch ein bilaterales Aussehen. Die regelmässig an den seitlichen Rändern sich bildenden Eier werden nämlich während ihres Wachsthums nach der Mitte zu geschoben. Die Bilateralität ist jedoch nicht immer deutlich ausgesprochen, wie Figur 43 zeigt.

Das Keimepithel besteht nicht in der ganzen Ausdehnung des Eierstocks, sondern findet sich nur im vorderen Theil. Die Eier sind von dem Mesenchymgewebe der primären Leibeshöhle umgeben, fallen, zur Reife gekommen, in die Höhle des Eierstockes hinein und werden von dort durch den Eileiter in den Brutraum ausgestossen, der lediglich eine Fortsetzung der Eierstockshöhle ist. Die Eileitermündung liegt gewöhnlich in der Nähe des Herzendes (Fig. 45 und Textfigur 3). Sie besteht aus einem zur Hauptsache flachen Flimmerepithel, das an den Rändern der Oeffnung noch etwas

höhere Zellen aufweist, die dann, sich allmählich abflachend, in das äussere Peribranchialepithel übergehen.

Der Hoden ist eine aus einer grossen Anzahl von Hodenfollikeln bestehende Drüse. Die einzelnen Follikel sind, wie ein Totalbild eines frischen Thieres deutlich zeigt, von weisser Farbe und birnförmiger Gestalt. Mit ihrer abgerundeten Basis sind sie nach der äusseren, der Leibeshöhle zugewandten Seite gerichtet, während sich ihre entgegengesetzte Spitze in einen feinen stielartigen Fortsatz, den Samenleiter, auszieht. Die Samenleiter begeben sich, an den Seitenwänden der Geschlechtsdrüse emporsteigend, bis nach den in der Mittellinie des Eierstocks gelegenen und in die Peribranchialhöhle ausmündenden Hauptausführungsporen. Die Gesammtzahl der Hodenfollikel (follicules testiculaires Lacaze-Duthiers, ampoules spermatiques Julin) beträgt 30—40, und da sie gewöhnlich theils rechts, theils links vom mittleren Theile der Geschlechtsdrüse angeordnet sind, so trifft ungefähr auf jede Seite 15—20. Da sich die Flimmerrinne an der äusseren Wand der Eierstockshöhle zwischen die Hodenfollikel einsenkt, weist auch der Hoden eine gewisse bilaterale Anordnung auf. Von beiden Seiten begeben sich stets mehrere Samenleiter zu einem Hauptausführungsporus. Die Zahl dieser auf der Mittellinie der gesammten Drüse liegenden Oeffnungen beträgt 6—10. Figur 44 zeigt ein in einen gemeinsamen Porus führendes Vas ferens. Die Wandungen eines Hauptausführungsporus und des letzten Abschnittes eines Samenleiters bestehen aus einem kubischen Flimmerapithel. Das Epithel des Samenleiters wird in seinem oberen nach dem eigentlichen Follikel zu gelegenen Theil immer flacher und umgiebt den ganzen Hodenfollikel als feines Plattenepithel. Der Inhalt der Follikel besteht aus Spermatogonien, Spermatocyten, Spermatiden und Spermatozoiden auf allen Stadien der Ausbildung.

Litteratur.

1) O. F. Müller, Zoologica Danica seu animalium Daniae et Norwegiae rariorum ac minus nostrum descriptiones et historia. Havniae 1788.

2) P. J. Van Beneden, Recherches sur l'embryogenie, l'anatomie et la physiologie des Ascidies simples. Bruxelles 1846.

3) Forbes et Hanley, Natural History of Britain. Mollusca. Vol. I. p. 37—47 et Vol. II. p. 375. London 1853.

4) J. Alder, Observations on the british Tunicata, with Descriptions of several new species. In Annals and Magazine of Natural History. T. XI. 3d Series p. 161—168. London 1863.

5) R. Hertwig, Beiträge zur Kenntnis des Baues der Ascidien. Jenaische Zeitschr. Bd. VII. 1872.

6) C. Kupffer, Jahresberichte der Kommission zur Untersuchung der deutschen Meere in Kiel. Zoologische Ergebnisse der Nordseefahrt vom 21. Juli bis 9. September. T. VII. Tunicata p. 197—228. 1874.

7) P. Chandelon, Recherches sur une annexe du tube digestive des Tuniciers. In Bull. de l'Acad. roy. de Belgique série 2, t. XXXIX. 1875.

8) C. Julin, Recherches sur l'organisation des Ascidies simples. Recherches sur l'hypophyse et quelques organes qui s'y rattachent. In Archiv de Biologie t. II. 1881.

9) W. Herdman, Report on the Tunicata collected during the voyage of H. M. S. Challenger during the years 1873—76. Part. I. Ascidiae simplices. Scientifics Results of the voyage. Vol. VI. 1882.

10) M. P. A. Traustedt, Vestindiske Ascidiae simplices Anden Afdeling (Molgulidoe og Cynthiadoe). In Videnskabelige Neddelsen fra Natur historisk Forening i Kjobenhavn for Aaret p. 108—186. 1882.

11) Van Beneden et Julin, Le système nerveux central des Ascidies adultes. In Bull. Acad. roy. de Belgique. 3e série. t. VIII. 1884.

12) L. Roule, Recherches sur les Ascidies simples des côtes de Provence, 3e partie. Fam des Cynthiadées. 229 p. In Ann. des Scienc. nat. Zoologie 1885.

13) C. Maurice, Etudes Monographiques d'une espèce d'Ascidie composée (Fragaroides aurantiacum) Archive de Biologie 1888.

14) De Lacaze-Duthiers et Ines Delage, Etudes anatomiques et zoologiques sur les Cynthiadées: I. La Glande pylorique; II. Les caractères anatomiques et la classification. In Arch. de Zool. expérimentale et générale, 2e série. vol. VII. 1889.

15) C. Julin, Les Ascidies des côtes du Boulonnais. Recherches sur l'anatomie et l'embryogénie de Styelopsis grossularia. Bulletin Scientifique de la France et de la Belgique (Extrait du Tome XXIV) 1892.

16) C. Julin, Structure et développement des glandes sexuelles ovogenèse, spematogenèse et fécondation chez Styelopsis grossularia. Bull. scientif. de la France et de la Belgique. Extrait du Tome XXV. 1893.

17) O. Seeliger, Einige Beobachtungen über die Bildung des äusseren Mantels der Tunikaten. Zeitschrift für wiss. Zoologie LVI. Bd. 3. 1893.

18) O. Seeliger, Ueber die Entstehung des Peribranchialraumes in den Embryonen der Ascidien. Zeitschrift für wiss. Zoologie LVI. Bd. 3. 1893.

19) De Lacaze-Duthiers et Ines Delage, Etudes sur les Ascidies des côtes de France. Faune de Cynthiadées de Roscoff et des côtes de Bretagne. Mémoires de l'Académie des Sciences. Tome XLV. 1892—1897.

20) Bronn's Klassen und Ordnungen des Tierreichs. III. Bd. Supplement. Tunicata (Manteltiere) O. Seeliger. Lieferung 6—25. 1897—1900.

Erklärung der Abbildungen.

Figur 1. Solitäre Form, auf einer Alge sitzend. Orange Varietät 6/1
„ 2. Solitäre Form, auf einer Alge sitzend. Rothe Varietät 7/1
„ 3. Aggregirt stehende Thiere, auf einer Schnecke sitzend 2/1
„ 4—6. Einzelne Thiere der aggregirten Form mit verschiedenen Körperformen 4/1
„ 7. Zusammenhaftende gleichalterige Thiere 5/1
„ 8. Schnitt durch den Cellulosemantel und das ektodermale Hautepithel . . 350/1
„ 9. Verschiedene Mantelzellen (*a—y*) 1000/1
„ 10. Schnitte durch zwei Mantelgefässe:
A. mit cylindrischem Epithel 600/1
B. mit flachem Epithel 600/1
„ 11. Schnitte, die Bildung der Mantelgefässe darstellend:
A. An der Ausstülpungsstelle des ektodermalen Hauptepithels . . 300/1
B. Hinter der Ausstülpungsstelle 300/1
„ 12. Schnitt durch das ektodermale Hautepithel mit durchwandernden Mesenchymzellen 1200/1
„ 13. Schnitt durch die Ingestionsöffnung 145/1
„ 14. Schnitt durch die Egestionsöffnung 145/1
„ 15. Totalbild der Ingestionsöffnung und der präbranchialen Kiemendarmzone, von innen gesehen 20/1
„ 16. Totalbild der Egestionsöffnung, von innen gesehen 40/1
„ 17. Totalbild vom gesammten Nervenapparate, von innen gesehen 40/1
„ 18. Schnitt durch Flimmergrube und Ganglion 410/1
„ 19. Querschnitt durch Neuraldrüse und Ganglion 350/1
„ 20. Schnitte durch den Flimmerbogen:
A. Nähe des Endostyls 550/1
B. Aus der Mitte 550/1
„ 21. Schnitt durch einen Flimmerbogen mit Vorfalte 550/1
„ 22. Schnitt durch die Dorsalfalte aus der Mitte der Dorsalfläche 200/1
„ 23. Schnitt durch die Dorsalfalte an ihrem Anfangstheil 200/1
„ 24. Drei Schnitte durch die Hinterwand des Kiemendarms:
A. Nahe hinter dem Ösophaguseingang 195/1
B. Nahe dem Endostylende 195/1
C. Uebergang in den Endostyl 195/1

Figur 25. Stück aus dem Kiemenkorb, von innen gesehen, von einem Thier mit langgestreckten Kiemenspalten 30/1
„ 26. Desgleichen von einem Thier mit mehr ovalen Kiemenspalten 110/1
„ 27. Desgleichen von einem jungen Thier mit kleinen ovalen Kiemenspalten . 110/1
„ 28. Schnitt durch den Kiemendarm zwischen zwei inneren Längsgefässen . . 305/1
„ 29. Schnitt durch den Kiemendarm nahe der Präbranchialzone 200/1
„ 30. Ganzes durchsichtiges Thier mit sämmtlichen Organen. Von links gesehen 12/1
„ 31. Querschnitt durch den Ösophagus und die hintere Kiemendarmregion . . 195/1
„ 32. Querschnitt durch den Magen, Mitte 110/1
„ 33. Querschnitt durch eine Magenfaltenspitze 800/1
„ 34. Querschnitt durch das Pylorus-Cäcum, Mitte 260/1
„ 35. A. Querschnitt durch den unteren Theil des Pylorus-Cäcum mit dem einmündenden Hauptausführungsgang der darmumspinnenden Drüse . . . 440/1
B. Querschnitt durch den Hauptausführungsgang 440/1
„ 36. Querschnitte durch die obere und untere Darmschlinge 110/1
„ 37. Einzelne Theile der darmumspinnenden Drüse 440/1
„ 38. Längsschnitt durch das Rektum 145/1
„ 39. Schnitt durch den Herzanfang und den Endostyl 145/1
„ 40. Schnitte aus der Herzwand:
A. Querschnitte durch die Herzmuskulatur 1000/1
B. und C. Längsschnitte der quergestreiften Längsmuskeln 1000/1
„ 41. Querschnitt durch Herz, Endostyl und Geschlechtsorgane 195/1
„ 42. Querschnitt durch die gesammte Geschlechtsdrüse 145/1
„ 43. Querschnitt durch die Geschlechtsdrüse eines anderen Thieres 145/1
„ 44. Querschnitt durch das rechte obere Viertel der Geschlechtsdrüse, nach drei Schnitten ergänzt 260/1
„ 45. Schnitt durch die Eileitermündung 260/1

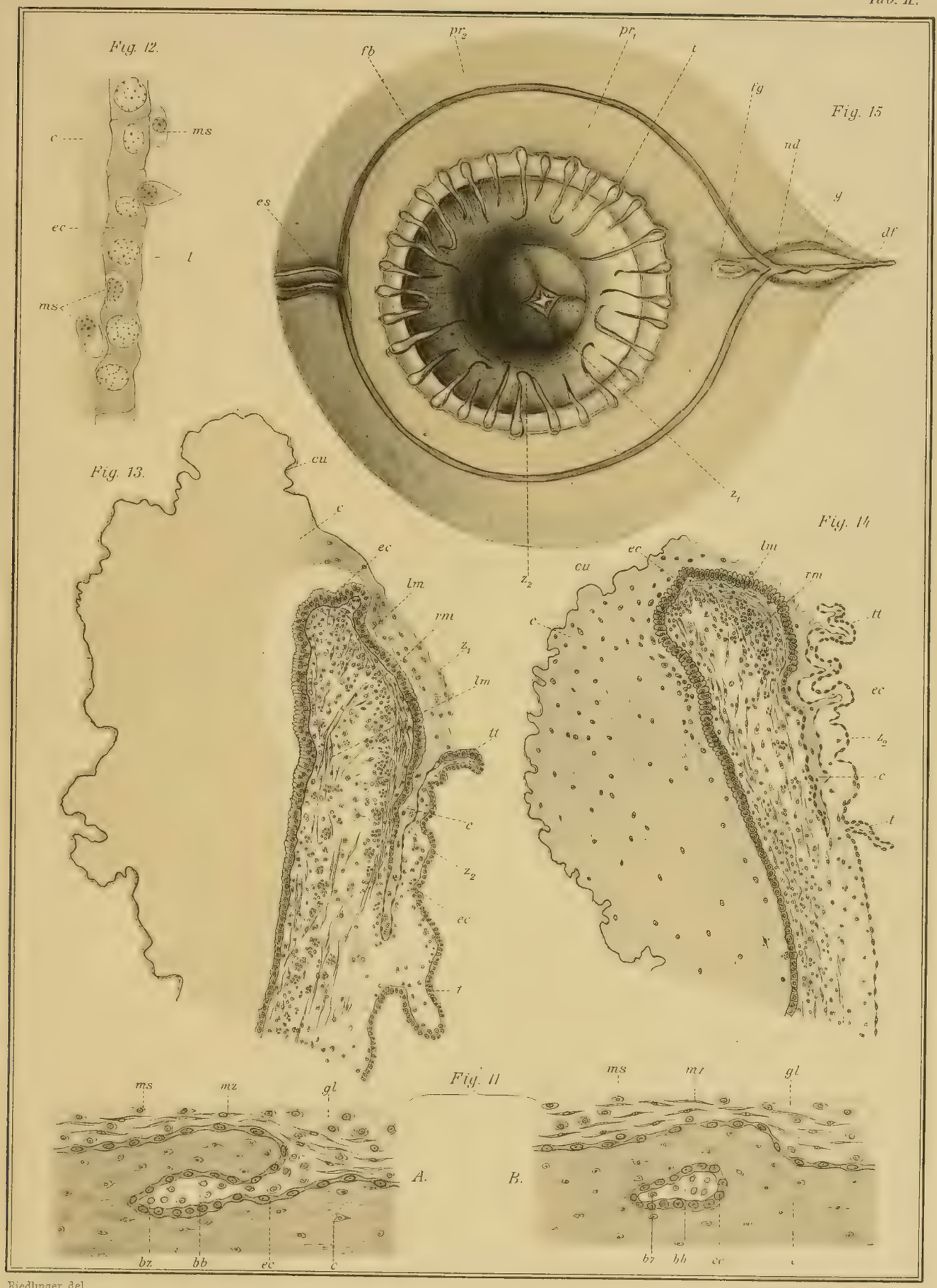
Buchstaben-Erklärung.

a = äussere Wand des Peribranchialraums
b = innere Wand des Peribranchialraums
bb = Blutbahnen
br = Brutraum resp. Kloakalraum
c = Cellulosemantel
cp = Pylorus-Cäcum
cu = cuticularisirte Aussenschicht des Mantels
da — Ampullen der darmumspinnenden Drüse
df = Dorsalfalte
dg = Ausführungsgänge der darmumspinnenden Drüse
dz_{1-3} = Drüsenzonen des Endostyls
e — Egestionsöffnung
ec = ektodermale Leibeswand
ed = Endocarp
el = Eileiter
en = Entoderm
es = Endostyl
f = Follikel des Eies
fb = Flimmerbogen
fb_1 = Vorfalte des Flimmerbogens
fg = Flimmergrube
fk = rechtseitiger Flimmerkamm, auf der hinteren Kiemendarmwand
fk_1 = linkseitiger Flimmerkamm
fz_{1-3} = Flimmerzonen des Endostyls
g = Ganglion
ge = Geschlechtsorgane
gs = Ganglienzellstrang
h — Hoden
hf = follikuläre Wand der Hodenlappen
hz = Herz
hzh = Herzhöhle
i = Ingestionsöffnung
ilg = innere Längsgefässe
itg_{1-2} = innere Transversalgefässe erster und zweiter Ordnung
kd — Kiemendarm
ks Kiemenspalten
l — primäre Leibeshöhle
lg äussere Längsgefässe, zwischen den Kiemenspalten gelegen
lm = Längsmuskel
m — Magen
md — Mitteldarm
mf — Magenfalten
mgz = medianer Geiselzellstreifen des Endostyls
mr — Magenrinne
ms — Mesenchymzellen
mz Muskelzellen
n_1 vordere Nervenstämme
n_2 — hintere Nervenstämme
nd = Neuraldrüse
o — Ovarium resp. Eizelle
oe Oesophagus
p — Peribranchialraum
pc — Pericardium
pch = Pericardialhöhle
pr_1 = vordere Präbranchialzone
pr_2 — hintere Präbranchialzone

r — Rektum
rm — Ringmuskel
rr — Retropharyngealrinne
sf — Sekretfaden
sl — Samenleiter
sp — Septum
sv — Sekretvakuolen
sz — Sekretzelle
t — Tentakel
tr — Trabekel im Peribranchialraum
tt — Tentakelträger
tz — Testazellen
z_1 — vordere Zone des Ingestions- resp. Egestionskanals
z_2 — hintere Zone des Ingestions- resp. Egestionskanals
zo — Zooxanthellen.

Riedlinger, del

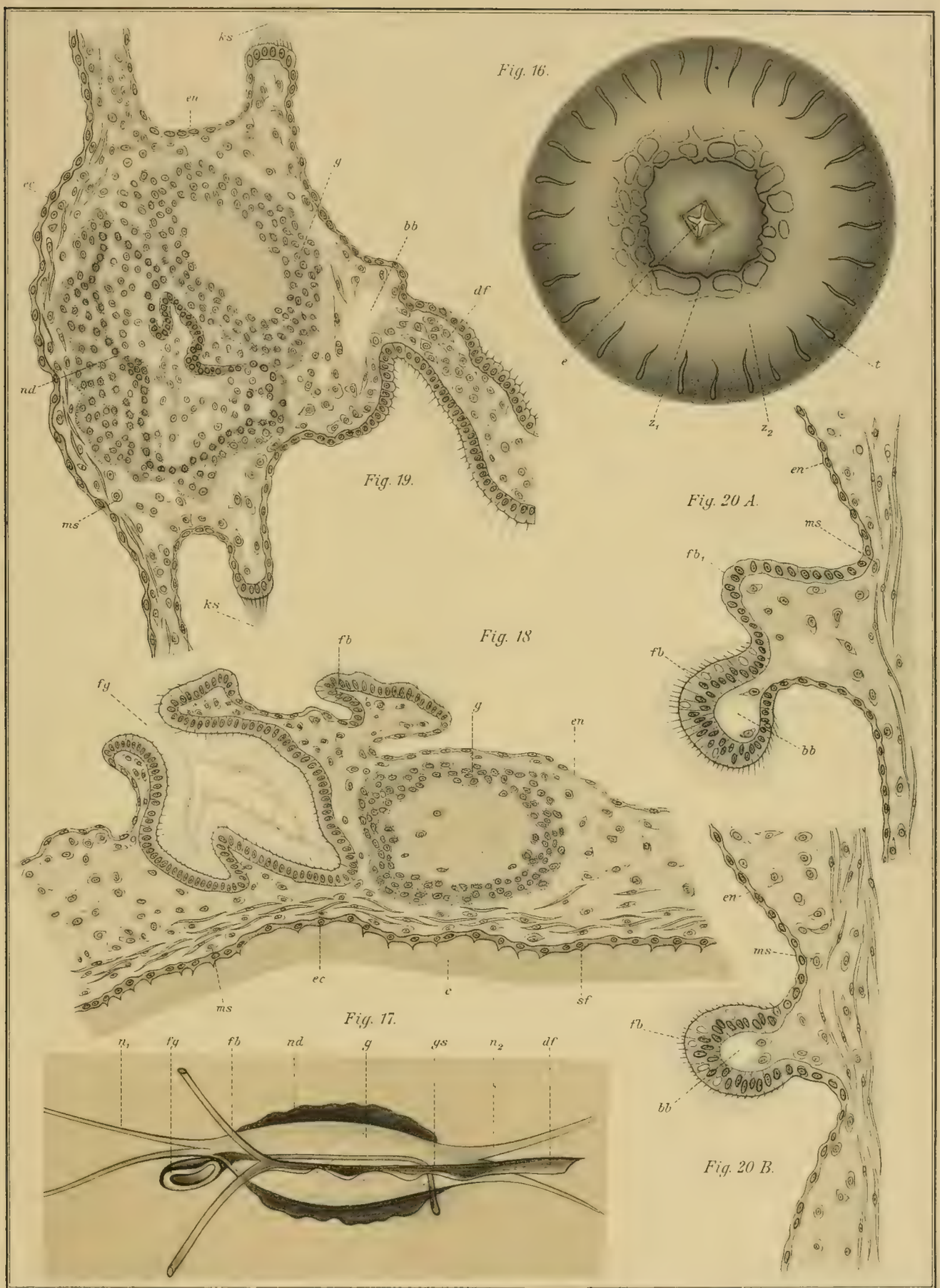
Reinhold Riedlinger: Stylopsis grossularia. Taf. 1.



Riedlinger, del

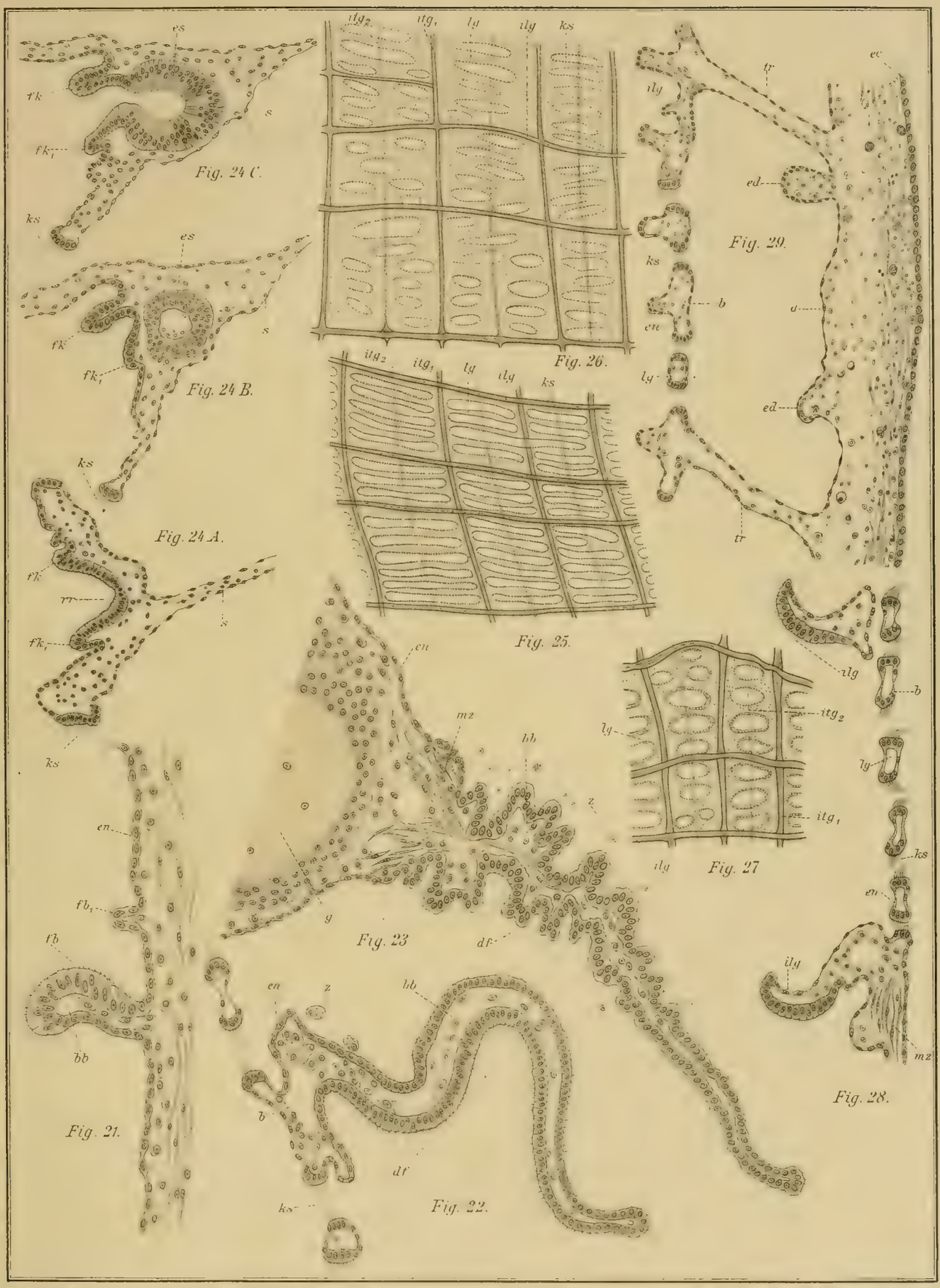
Ulm

Reinhold Riedlinger: Styelopsis grossularia. Taf. 2.



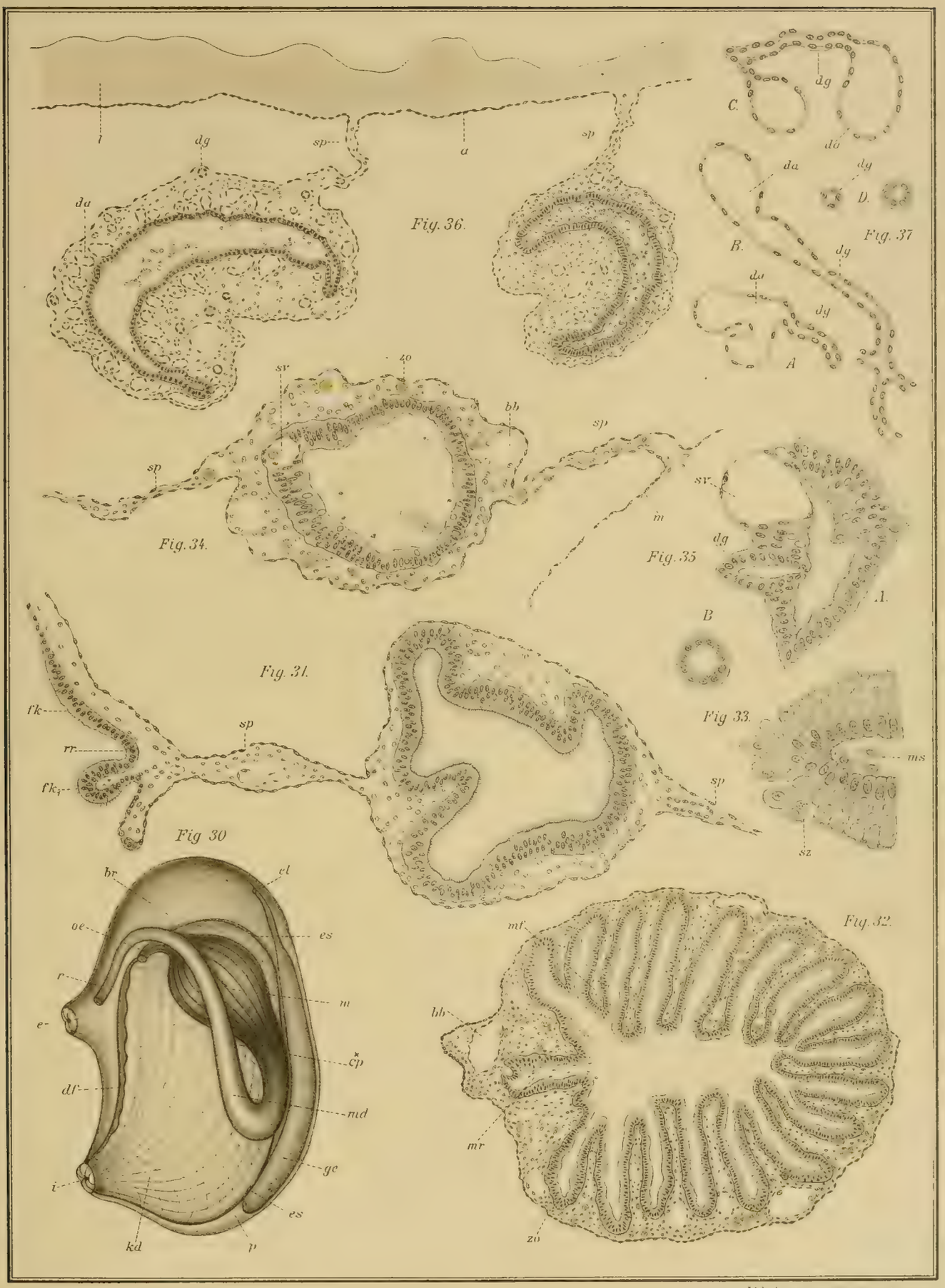
Riedlinger, del. Lith. An[illegible]ulius Klinkhardt Leipzig

Reinhold Riedlinger: Stylopsis grossularia. Taf. 3.



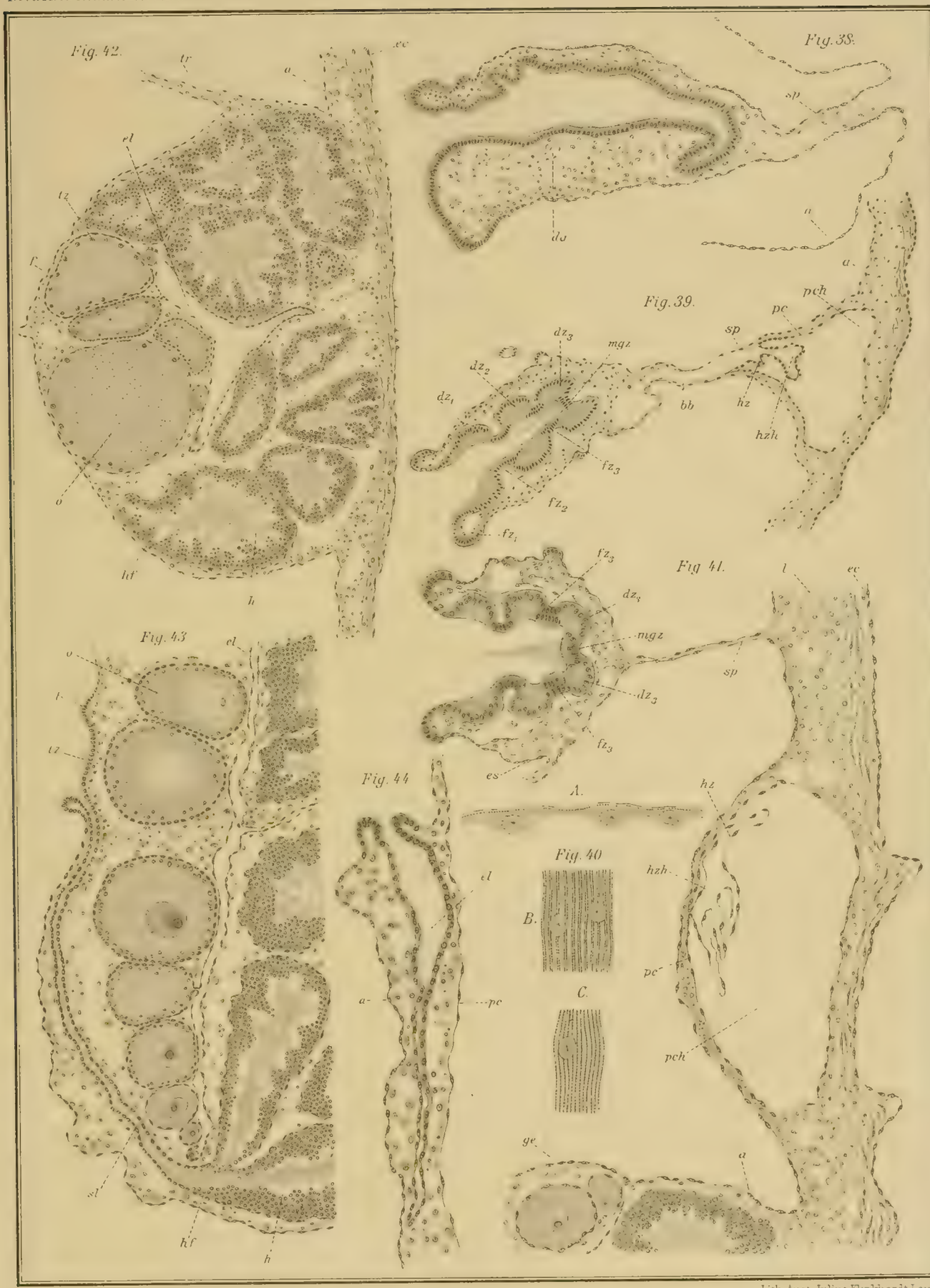
Riedlinger, del

Reinhold Riedlinger: Styelopsis grossularia. Taf. 4.



Riedlinger, del. Lith. Anst.

Reinhold Riedlinger: Stylopsis grossularia. Taf. 5.



Riedlinger, del.

Lith. Anst. Julius Klinkhardt Leipzig.

Reinhold Riedlinger: Stylopsis grossularia. Taf. 6.

NOVA ACTA.

Abh. der Kaiserl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher

Band LXXXI. Nr. 2.

Beiträge

zur

vergleichenden Morphologie des Thorax der Insekten

mit

Berücksichtigung der Chilopoden.

Von

Dr. Karl W. Verhoeff.

Aus dem Berliner zoologischen Museum (Museum für Naturkunde).

Mit 7 Tafeln Nr. VII—XIII.

Eingegangen bei der Akademie am 29. Mai 1902.

HALLE.

1902.

Druck von Ehrhardt Karras, Halle a. S.

Für die Akademie in Commission bei Wilh. Engelmann in Leipzig.

I.

Vergleichende Morphologie der Laufbeine der Opisthogoneata. (Chilopoda, Collembola, Thysanura, Insecta.)

Im Zusammenhange mit unserer sich immer mehr vertiefenden Erkenntniss, dass die *Chilopoden* mit den *Hexapoden* in näherem verwandtschaftlichen Zusammenhange stehen, nicht aber mit den Diplopoden und Genossen, legte ich mir die Frage vor, ob die Gliederung der *Chilopoden-Beine* derjenigen der *Hexapoden-Beine* homolog sei.

Zur Entscheidung einer solchen Frage gehört in erster Linie eine genaue Feststellung, d. h. eine scharfe einwandfreie Begründung dessen, was man unter Hüfte, Schenkelring, Schenkel, Schiene und Tarsus sich zu denken habe. Bald musste ich einsehen, dass wir das vorläufig in nur sehr unvollständiger Weise vermögen, z. T. auch gar nicht, denn zur Begründung gehören feste Handhaben (Kriterien), die für *alle* Fälle anwendbar sind. Auf die Frage z. B. „Was ist eine Hüfte?“ wird man jetzt kaum mehr zu hören bekommen, als die Antwort, dass es das *Grundglied* der Segmentanhänge sei. Kommt nun jemand, wie neuerdings V. Willem, in seiner übrigens schönen Arbeit „Recherches sur les Collemboles et Thysanoures“, Gent 1899, behauptet, die *Collembolen* besässen vor der Hüfte noch zwei „articles basilaires“ und schreibt ihren Beinen statt fünf jetzt sieben Glieder zu, so muss sich doch jeder sagen, wir wissen gar nicht mehr, was bei den Tracheaten eine Hüfte ist! — Um diesem Uebelstande abzuhelfen, versuchte ich eine Untersuchung der Beine der Hauptgruppen der Opisthogoneata, wobei sich bald herausstellte, dass die bisher nur sehr wenig beachtete *Muskulatur* nebst Sehnen von ebenso grosser Bedeutung ist wie die allgemeinen *Lageverhältnisse* der Glieder und dass eine scharfe Begriffsbestimmung sich nur aus diesen beiden Merkmalgruppen zugleich ergeben kann. Ich fand dabei,

dass *die Beine der Chilopoden, Collembolen, Thysanuren und Pterygoten nach Gliederung und Muskulatur durchaus gleichwertig (homolog) sind und dass die vorhandenen Unterschiede nicht nur von einander abzuleiten sind, sondern auch durch Uebergänge verbunden werden.*

Hierbei nehmen die *Thysanuren* eine *Mittelstellung* ein zwischen *Chilopoden* und *Pterygoten*, was ganz den übrigen Organisationsverhältnissen entspricht. Ferner harmonirt es mit der übrigen Organisation der Collembolen, dass ihr Tarsus eine kümmerliche Entwickelung zeigt.

A. Chilopoda: Ueber den Bau der Chilopoden-*Hüften* und die Beingliederung sprach ich bereits im XVI. Aufsatz meiner „Beiträge zur Kenntniss paläarktischer Myriopoden", Halle 1901, Nova Acta der Leop. K. Akad. d. Naturforscher. Aus meinen dortigen Mittheilungen geht hervor, dass ich bei den *Chilopoden* als *Hüften* diejenigen Glieder der Beine bezeichne, *welche am Grunde derselben sich befinden, unmittelbar an die Bauchplatten stossen, eine Längsleiste für Muskeln besitzen und am Endrande 1—2 verdickte Knöpfchen*, welche die Verbindung mit und Drehung gegen das folgende Glied vermitteln. Diese Definition soll nun noch durch die Muskulatur verstärkt werden.

Auf Tafel VII sehen wir in Abbildung 1 das Laufbein eines *Lithobius microps* dargestellt. Es folgen auf einander *sechs* Glieder, von denen das sechste bei *x* noch wieder durch eine Linie in zwei Abschnitte abgesetzt ist. Wir haben diese Glieder bezeichnet als Coxa, Trochanter, Femur, Tibia, 1. und 2. Tarsus. Diese Namen sind historisch und sollen übrigens nur Namen sein zu vergleichend-morphologischer Klarstellung, ohne Rücksicht auf die Physiologie, zumal der Vergleich mit den höheren Wirbelthieren ja doch nur ein ganz unvollständiger ist.

Wir haben in den Beinen von *Lithobius* folgende Muskeln zu unterscheiden:

1. Zwei *Hüftmuskeln* (*m*), welche innen und aussen sich an das nächstfolgende Glied, den Trochanter anschliessen.

2. Zwei *Schenkelmuskeln* (m^1 und m^2), welche innen und aussen sich an den Grund des nachfolgenden Schienengliedes heften. Der äussere Muskel m^2 entspringt im Schenkel selbst, der innere m^1 am Trochanter.

An den Grund des Schenkels zieht kein Muskel, so dass der Schenkelring also keine eigene Muskulatur aufweist.

3. Ein *Femorotibialmuskel* (m^3), welcher im Trochanter entspringt und durch Schenkel und Schiene ziehend sich innen an den Grund des 1. Tarsus heftet.

4. Ein *Tibialmuskel* (m^{3I}), welcher verhältnissmässig schwach ist, in der Tibia entspringt und an den äusseren Grund des 1. Tarsus zieht.

5. Ein grosser *doppelter Krallenmuskel* (m^4). Der tibiale Theil desselben entspringt in der Tibia, der tarsale an der Wand des 1. Tarsale auf längerer Strecke. Beide Bündel heften sich also an die starke Krallensehne, welche beide Tarsalglieder durchzieht und am Grunde der Kralle *U* befestigt ist.

6. Ein oder zwei kleine *Tarsalmuskeln* (m^5), welche sich im ersten Tarsale befinden und an den Grund des zweiten heften.

Andere *Chilopoden* zeigen im Wesentlichen dieselben Verhältnisse, wobei jedoch noch Folgendes hervorzuheben ist:

1. Der *Trochanter* ist in der grossen Mehrzahl der Fälle wohl ausgebildet, manchmal stark entwickelt, manchmal aber auch verkümmert (Endbeine vieler Scolopendriden), bei den Scutigeriden erscheint er als kleines Scheibchen.

2. Der *Schenkel* (*fe*) ist ein besonders kräftiges grosses Glied, welches oft ebenso gross ist wie die Schiene, oft noch *grösser* wie diese, bei *Scutigera* wenigstens drei Viertel so gross.

3. Am zweiten Tarsenglied tritt häufig eine Gliederung auf (*x*, Abbildung 1), wodurch dieses Glied in zweie zerlegt werden kann. Bei *Scutigera* kommen zahlreiche derartige Abgliederungen vor und bei *Lithobius* kann man einen einheitlichen oder zweitheiligen 2. Tarsus an demselben Thiere beobachten. Muskeln gehen *nie* an diese Gelenke.

Wir erhalten nun folgende Beinglieder-Definitionen:

1. *Die Hüften sind diejenigen Beinglieder, welche sich am Grunde der Beine befinden, unmittelbar an die Bauchplatten stossen, eine Längsleiste für Muskeln besitzen, am Endrande 1—2 verdickte Gelenkknöpfchen und hinter sich endwärts entweder ein Glied, welches überhaupt keine eigenen Muskeln besitzt oder ein solches, dessen Muskeln sich zum Theil unmittelbar*

an den Grund des weiter folgenden heften, von deren Muskeln aber keiner an die Krallensehne geht.

2. *Trochanteren sind die unmittelbar auf die Hüften endwärts folgenden Glieder, wenn dieselben keine eigene Muskulatur besitzen.*

3. *Als Schenkel haben wir dasjenige hinter der Hüfte endwärts liegende Beinglied zu bezeichnen, welches auf den Trochanter folgt oder wenn dieser fehlt unmittelbar an die Hüfte stösst und Muskeln enthält, die an den Grund des endwärts nächsten oder zweitnächsten Gliedes ziehen, nicht aber zur Krallensehne.*

4. *Schienen sind solche Beinglieder, welche hinter den Schenkeln endwärts liegen, einen Theil ihrer Muskeln an den Grund des nächstfolgenden Gliedes entsenden und die grundwärtige (proximale) Gruppe der Muskeln der Krallensehne enthalten.*

5. *Der 1. Tarsus ist ein hinter der Schiene endwärts gelegenes Glied, welches die endwärtige (distale) Gruppe der Muskeln der Krallensehne enthält und ausserdem kleine Muskeln, welche an den Grund des 2. Tarsus gehen.*

6. *Der 2. Tarsus ist das hinter dem 1. endwärts gelegene, übrigens letzte Beinglied, welches niemals Muskeln besitzt, am Ende aber wenigstens eine Kralle und eine Sehne, welche an die Kralle oder in deren Nähe sich befestigt, übrigens selbst wieder durch quere Einschnürungen in zwei bis zahlreiche Glieder zerfallen kann.*

Aus dem Gesagten ergiebt sich also, dass die *Zwischenhäute* zwischen den Beingliedern nicht alle gleichwerthig sind, wir können vielmehr drei Gruppen unterscheiden, die zugleich die Phylogenie der Beingliederung angeben:

1. Die *Zwischenhäute*, an welche *starke Muskelbündel* herangehen, sind:
   a) Die zwischen Rumpf und Hüfte,
   b) zwischen Hüfte und Schenkelring,
   c) zwischen Schenkel und Schiene,
   d) zwischen Schiene und Tarsus.
2. Die *Zwischenhäute*, an welche *schwache* Muskeln herangehen, sind die zwischen 1. und 2. Tarsus.
3. Die *Zwischenhäute*, an welche gar *keine* Muskeln heranziehen, sind:
   a) Die zwischen Trochanter und Femur,
   b) zwischen den Abschnitten des 2. Tarsus.

Daraus folgt dann unmittelbar, dass:

1. Die *jüngsten* Beinglieder sind:
   Trochanter und die Abtheilungen des 2. Tarsus;
2. ein *mittelaltes* Beinglied ist:
   der 2. Tarsus;
3. die *alten* Beinglieder sind:
   Hüfte, Schenkel, Schiene und *Tarsus.*

* * *

Indem ich jetzt zu den *Hexapoden* übergehe, soll gleich das wesentlichste Ergebniss eines Vergleiches der Beine derselben mit denen der *Chilopoden* herausgegriffen werden, schon um unnöthige Wiederholungen zu vermeiden:

Die Beine der Hexapoden stimmen in Gliederung und Muskulatur mit denen der Chilopoden in den Grundzügen so überein, dass ich mich weiterhin mehr auf die Unterschiede beschränken kann und insbesondere hervorheben, dass die obigen Begriffs-Definitionen der Beinglieder sowohl als auch die phylogenetischen Gruppen derselben auch für die *Hexapoden* gelten, wovon man sich auch durch eine genauere Besichtigung der Tafel VII überzeugen kann.

B. Collembola: Die Beine sind meist viergliedrig, bestehend aus Hüfte, Schenkel, Schiene und Tarsus. Nicht selten ist der Tarsus in zwei Theile abgesetzt. So fand ich ihn bei einer *Orchesella* selbst bei einem und demselben Thiere gegliedert (Tafel VII, Abbildung 2 *x*) und ungegliedert. Das zweite Tarsenglied hängt eben lediglich von einer Einschnürung bei *x* ab. Auch Ueberreste eines Trochanter habe ich beobachtet. Derselbe (Abbildung 3) stellt sich aber nicht mehr als deutliches Glied dar. An den Hüften ist mir eine quere Kante *k* aufgefallen. Ob der von derselben abgesetzte Theil *coI* dem Trochantin der typischen Hexapoden entspricht, vermag ich nicht zu entscheiden, möchte aber die Collembolen-Forscher auf diese Frage hinweisen. Das *Schenkelglied* (*fe*, Abb. 2) ist schon beträchtlich kleiner als die Tibia, bleibt aber doch noch ganz *breit ausgedehnt* zwischen Coxa und Tibia. Der Femorotibialmuskel ist sehr in die Länge gedehnt. Ein kleinerer innerer Tibialmuskel (m^{3II}), den ich bei Chilopoden nicht

beobachtete, unterstützt den vorigen Muskel. Tarsalmuskeln scheinen zu fehlen, was auch ganz mit der oft schwachen Entwickelung des Tarsus harmonirt.

Die schon berührte Hypothese von V. Willem (Recherches sur les Collemboles et Thys. 1900), dass die Collembolen an den „pattes thoraciques sept segments" besässen, „non cinq", ist als irrig um so mehr zurückzuweisen, als er sich weder um die Beingliederung anderer Opisthogoneaten-Gruppen gekümmert hat, noch um die Muskulatur. Was V. Willem als die beiden Grundglieder ansieht, sind in Wirklichkeit Trochantin und Pleuren!

Dass die Auffassung des Gliedes *fe* (Abbildung 2) als Trochanter eine ganz unmögliche ist, ergiebt ein einziger Blick auf meine Abbildung und ein Vergleich mit den obigen Definitionen. Doch sei auch daran erinnert, dass bei dieser (früheren) Anschauungsweise die meisten Collembolen gar keinen Tarsus haben würden!!

C. Thysanura: Die Beingliederung ist der der Collembolen am ähnlichsten, doch sind die Hüften gestreckter und vor ihnen befindet sich ein sehr deutlich davon abgesetzter Trochantin (Abbildung 8 *trt*). Der Trochanter fehlt bisweilen ganz, in anderen Fällen, so bei Machilis, ist er ganz deutlich erhalten, aber nach einer Seite ausgekeilt. Der 2. Tarsus ist meist in zwei Glieder getheilt a und b. Die Muskulatur stimmt grösstentheils mit der der Chilopoden und Collembolen überein, auch fand ich bei *Machilis* einen inneren Tarsalmuskel m^5. Ein bemerkenswerther *Unterschied* aber, der, wie ich gleich hervorheben will auch für alle *Pterygota* (den *Chilopoden* und *Collembolen* gegenüber) gilt, besteht darin, dass wir *statt zweier Schenkelmuskeln* m^1 *und* m^2 *nur noch einen haben*, m^1, *der allerdings dafür desto kräftiger ist und im Zusammenhang damit eine Verschrägung der Grenze zwischen Femur und Tibia, wodurch das Schenkelglied der dreieckigen Gestalt genähert wird*, die obere Grundecke der Tibia aber der Coxa (Abbildung 8 und 9).

Bei *Machilis* ist dieser Vorgang noch nicht so weit gediehen wie bei den meisten Pterygoten.

Der lange Femorotibialmuskel m^3 hat typischen Verlauf.

D. Pterygota: Die Annäherung der Tibia an die Coxa ist meistens noch grösser als bei Thysanuren, so kommt bei vielen Dermapteren (Abbildungen 4 und 5) die obere Grundecke der Tibia fast mit der Hüfte in Berührung, d. h. das Femur ist ausgekeilt. Die Beschaffenheit des breiten Schenkelmuskels habe ich schon geschildert (m^1, Abbildung 4 und 5). Auch der Femorotibialmuskel verläuft in gewohnter Weise. Einen Tarsalmuskel (m^5, Abbildung 4) habe ich auch wieder zu verzeichnen. Dieser scheint bisher übersehen worden zu sein. Ein Trochanter ist bei den Pterygoten meist vollständig zur Rückbildung gelangt, doch lassen sich bei einigen Formen, z. B. Rhagonycha fulva (Abbildung 6 und 7) deutliche Ueberreste auffinden. Dagegen ist *das, was man bisher bei Insekten allgemein als Trochanter bezeichnet hat, der obigen Trochanterdefinition nach sowohl als auch den thatsächlich überall vorkommenden Muskeln nach gar kein Trochanter, sondern ein Schenkelglied.* Die Consequenz daraus für die weiter endwärts liegenden Glieder ergiebt sich von selbst. Die Bezeichnungen stelle ich gegenüber:

Alte Auffassung (*ohne* Berücksichtigung der Chilopoden, niederen Hexapoden und Muskulatur-Homologie).		*Neue Auffassung* (*mit* Berücksichtigung der Chilopoden, niederen Hexapoden und Muskulatur-Homologie).
Hüfte	=	*Hüfte*
—	=	*Trochanter*
Trochanter	=	*Femur*
Femur	=	*Tibia*
Tibia	=	*1. Tarsus*
1. Tarsus *2.* „ *3.* „ *4.* „ *5.* „	=	*2. Tarsus*

Vermuthlich werden nun manche Leute die Ausdrücke Schenkel, Schiene und Tarsus im bisherigen Sinne weiter gebrauchen. Andere werden sagen, die bisherigen Ausdrücke Schenkel und Schiene entsprächen mehr den Funktionen dieser Glieder. Vielleicht lässt sich da für Pterygota folgender

Mittelweg[1]) finden: Behalte man bei *diesen* Gruppen die bisherige Bezeichnung bei und nenne nur den Trochanter statt dessen *Oberschenkel*, den Schenkel *Unterschenkel*. Also

statt:	*jetzt:*
(Hüfte)	(Hüfte)
Schenkelring	*Oberschenkel* (Femur superius)
Schenkel	*Unterschenkel* (Femur inferius)
(Schiene)	(Schiene).
(Tarsus)	(Tarsus).

Die Frage, welche Zahl der Tarsenglieder als die ursprüngliche zu betrachten sei, kann keine zweifelhafte mehr sein.

Bei Chilopoden haben wir ursprünglich einen *ein*gliedrigen 2. Tarsus, der aber nicht selten zweigliedrig wird. Bei Collembolen ist der 2. Tarsus secundär oft verkümmert. Die Thysanuren schliessen sich an die Chilopoden an. Somit müssen wir bei *Pterygoten* den fünfgliedrigen 2. Tarsus als den abgeleitetsten Fall ansehen.

Bei höheren Insekten, so *Coleopteren* und *Hymenopteren* begegnen wir noch einer Besonderheit in der Beinmuskulatur. Der lange Femorotibialmuskel (m^3) ist nämlich rückgebildet und statt dessen sein sonst kleiner Nachbar, der untere Tibialmuskel ($m^{3\,II}$) stärker entwickelt, aber auch der obere $m^{3\,I}$.

Hymenopteren haben noch darin eine Besonderheit, dass der Schenkel ziemlich lang geblieben ist und nicht ausgekeilt. Trotzdem finden wir den einzigen starken Schenkelmuskel m^1. Den Hym. Ditrocha hat man schon lange 2 Schenkelringe zugeschrieben, aber auch schon erkannt (Gerstäcker), dass der endwärtige derselben nur eine Schenkelabschnürung ist.[2]) Eine richtige *Begründung* dafür ergiebt sich freilich erst aus dem Umstande, dass die Schenkelmuskel über die Abschnürung hinwegstreichen (Abb. 10 $m^{3\,II}$). Ich schlage daher für den abgeschnürten Schenkeltheil den Namen *Strictum* str. oder *Schnürstück* vor.

[1]) *Ich* halte mich hier streng an *denselben* neuen Modus bei allen Gruppen.

[2]) Diese richtige Erkenntniss Gerstäckers scheint den Hymenopterologen meist unbekannt geblieben zu sein!

E. Odonata: Während bei den Pterygota höchstens Rudimente eines Trochanter vorkommen, ist derselbe bei den Odonata allgemein deutlich ausgeprägt.[1]) Andere bemerkenswerthe Bein-Unterschiede weisen dieselben aber gegenüber den Pterygota nicht auf. Ein einfacher breiter Schenkelmuskel ist vorhanden, nicht aber der Femorotibialmuskel.

II.
Ueber den Thorax der Insekten, mit besonderer Berücksichtigung des Mikrothorax und der Pleuren.

Man hätte annehmen können, dass die Lehre von der Zusammensetzung des Thorax der Insekten aus 3 Segmenten einer der am festesten begründeten Sätze der Morphologie derselben sei. Dennoch muss diese Anschauung in ihrer Allgemeinheit fallen gelassen werden, da der Thorax vieler und namentlich niederer Insekten sich als aus *vier* Segmenten bestehend erweist, womit ich aber nicht an das sogenannte Medialsegment denke, d. h. das 1. Abdominalsegment, welches bei manchen höheren Insektengruppen zum Thorax wandert, sondern an ein *vorne* am Thorax befindliches, bisher übersehenes Segment. Es klingt zwar sonderbar, dass bei den von Hunderten von Forschern studirten Insekten dergleichen noch gefunden werden soll, ist aber thatsächlich so. Eine vorläufige Mittheilung über dieses neue Segment veröffentlichte ich bereits in Nr. 665 des Zoologischen Anzeigers 1902, wo ich auch den Namen *Mikrothorax oder Nackensegment* einführte, da es unmittelbar vor dem Prothorax liegt und die Verbindung mit dem Kopfe vermittelt. Auch habe ich dort bereits auf mehrere Forscher hingewiesen, welche *Theile* dieses Segmentes gesehen haben. Niemand hat aber die Skeletttheile, geschweige denn die Muskulatur, vollständig angegeben und daher ist es bisher auch nicht als eigenes Segment erkannt worden. A. a. O. habe ich Andeutungen für verschiedene andere Insekten-

[1]) Schon hier sei hervorgehoben, dass ich die *Odonata nicht* zu den eigentlichen *Pterygota* rechne, sondern als eine besondere Hexapoden-Unterklasse betrachte, worauf ich noch in einer anderen Arbeit zurückkommen zu können hoffe.

gruppen gegeben, hier soll es meine Aufgabe sein, mehrere genauer zu behandeln, insbesondere *Blattodeen*, *Dermapteren* und *Thysanuren*. Ich wiederhole nur noch, dass ich *den Mikrothorax als das der Anhänge verlustig gegangene Homologon des Kieferfusssegmentes der Chilopoden betrachte und dass er bei höheren Insektengruppen vielfach bis auf geringe Ueberbleibsel verschwindet.*

A. Blattodea.

Die Schaben tragen durchweg den Kopf so, dass die unteren Theile stark nach hinten gedrängt sind. Da das Pronotum zudem eine starke vordere Duplikatur besitzt, so sieht man vom Mikrothorax in der Regel nichts von der Rückenseite her. Desto auffallender erscheinen die Nackensegmenttheile bei der Betrachtung von unten, wo man zwei kräftige hinter einander liegende Pleurenplatten wahrnimmt und zwischen den beiderseitigen Pleuren ganz vorne zwei kleine mondsichelartige Plättchen. Klappt man den Kopf nach unten zurück, so erscheinen 2 recht langgestreckte Platten in der Mitte der sehr ausgedehnten weichen Nackenhaut. Miall und Denny sagen in ihrem Buche über „The Cockroach", London 1886 auf S. 57 über den „Neck": „The neck is a narrow cylindrical tube, with a flexible wall strengthened by eight plates, the cervical sclerites, two of which are dorsal, two ventral and four lateral." Diese Platten sind auch von ihnen abgebildet, aber Näheres über ihre Bedeutung ist nicht angegeben. Vergleichen wir den Prothorax mit dem Mikrothorax, so kann kein Zweifel bestehen, dass die dorsalen beiden Platten des letzteren eine zweitheilige Rückenplatte darstellen, die beiden kleinen ventralen Sicheln eine Bauchplatte und die seitlichen Pleurentheile. Wir haben also die Haupt-Sklerite eines typischen Segmentes, Tergit, Pleurite und Sternit. Bei vielen Blattodeen kommt nun ausser den beiden auch von Miall und Denny erwähnten pleuralen Theilen noch ein drittes pleurales Stück vor, welches aber mehr dorsal neben der Rückenplatte sich befindet.

Am Prothorax (aber auch Meso- und Metathorax) haben wir *ausser* dem an die grossen Hüften stossenden und gelenkig damit verbundenen *Trochantin drei Pleurentheile* zu unterscheiden:

1. *Coxopleure*, 2. *Katopleure*, 3. *Anopleure*[1]).

Die Coxopleure liegt aussen vom Trochantin und über ihm, direkt an der Hüfte, die Katopleure vor Trochantin und unter der Coxopleure und die Anopleure über der Coxopleure und Katopleure. Man hat bisher, namentlich bei Coleopteren, ausser dem Trochantin, Epimeren, Episternen und Parapleuren unterschieden, also auch vier Pleurentheile (vergl. z. B. H. J. Kolbe, Einführung in die Kenntniss der Insekten, S. 240 u. a.). Ob aber diese den hier von mir unterschiedenen Theilen homolog sind, ist durchaus unsicher und muss erst geprüft werden. Jedenfalls hat es bisher völlig an scharfen logischen Begriffen mit vergleichend-morphologischen Kriterien gefehlt, daher bis jetzt auf die Frage, was man sich denn unter Epimeren u. s. w. vorstellen solle, ebenso wenig eine befriedigende Antwort gegeben werden konnte, als auf die im vorigen Abschnitt erörterte Frage nach der Feststellung des Begriffes der einzelnen Beinglieder. Auch über das Verhältniss der Apodemen zu den Pleuren herrscht durchaus keine genügende Klarheit, denn wenn es a. a. O. auf S. 350 heisst, es wären endoskelettale „seitliche Fortsätze, welche von den Seiten (Pleuren) kommen", so ist das zwar ganz richtig, aber wir müssen uns bei einem so verwickelten Ding, wie es die Pleuren sind, doch fragen, *wo* denn die Apodemen sich an die Pleuren setzen und *welchen* Pleurenstücken sie zugehören! Diese und andere Beobachtungen haben mich nothwendig dazu geführt, mich nicht allein mit dem Mikrothorax der Insekten zu beschäftigen, sondern mit dem durchaus noch nicht genügend aufgeklärten Thorax der Insekten überhaupt, insbesondere seiner Gliederung. Ueber die endoskelettalen Gebilde hat übrigens Kolbe selbst schon hervorgehoben, dass unsere Kenntniss von ihnen „noch sehr gering" sei (S. 354). Wir werden auch sehen, dass die Ansicht, wonach „die Apodemen sich zwischen dem Sternum und den Seitenstücken" befinden sollen, nicht haltbar ist. Ich gehe jetzt über zu einer Erörterung der *Pleurentheile des Thorax von Phyllodromia germanica* (Tafel IX, Abbildung 4 und 5): Meso- und Metathorax (Abbildung 4) sind in den

[1]) Ich habe von bestehenden Namen nur den Ausdruck *Trochantin* angenommen, weil dieses Sklerit in vielen Fällen unverkennbar ist, für die anderen Theile musste ich neue Bezeichnungen einführen, zumal deren Homologie mit Pleurentheilen bei Coleopteren erst bewiesen werden muss.

Pleurentheilen unter einander recht ähnlich, der Prothorax dagegen, der auch sonst mehr abweicht, thut es auch hierin.

An die ausserordentlich grossen Hüften stossen am Mesothorax (Abbildung 4) die Pleurentheile mit zwei Gelenken, einem inneren *G* und einem äusseren G^1. Die Hüfte besitzt innere Leisten L^2 und L^1, welche an diese Gelenke herangehen. Es sind nun *zwei verschiedene Pleurenstücke, welche mit der Hüfte die genannten Gelenke bilden.* Von ihnen bezeichne ich das der Bauchplatte zunächst liegende und auch dem Aste der *Furcula*[1]) *F* (Apophyse) benachbarte Stück als *Trochantin*, zumal auch die meisten anderen Autoren (z. B. H. J. Kolbe in seiner anregenden Arbeit „Vergl. morphol. Untersuchungen an Coleopteren", Archiv f. Naturgesch. 1901), die sowohl den Hüften als auch der Bauchplatte unmittelbar benachbarten Theile so benannt haben. Es kann also auch eine *Homologie* mit diesen Gebilden bei Coleopteren als sicher feststehend gelten. Der Trochantin ist bei Phyllodromia ein lang nach oben gestrecktes und nach aussen sich allmählig etwas verbreiterndes Stück, das mit rundlichem Höcker in die Gelenkgrube *G* der Hüfte greift und eine von diesem Gelenk ausgehende diagonale Innenlängsleiste besitzt. Das andere Pleurenstück, welches ich *Coxopleure* nenne (*Cpl*), hat eine wesentlich andere Gestalt als der Trochantin und zerfällt in vier Unterabtheilungen. Die wichtigste derselben (*u*) krümmt sich sichelartig um das obere Ende des Trochantin und ist mit der hinteren Hälfte der Apodeme *s* verwachsen. Sie stösst unmittelbar an die Hüfte und bildet hier ein Gelenk G^1, welches platter ist als das andere. Diesem Gelenk liegt das obere Ende des Trochantin sehr nahe, ohne sich aber daran zu betheiligen. Von dem Theil *u* sind durch eine Furche zwei vordere kleinere Theile *o* und *w* theilweise getrennt. Diese sind mit der vorderen Hälfte der Apodeme verwachsen. Der vierte Theil erscheint wie ein dreieckiger Stiel *z* der drei andern und ist durch die Katopleure von der Coxopleure getrennt.

Es giebt nun noch zwei weitere Pleurenstücke, welche aber, im Gegensatz zu den genannten, *von der Hüfte entfernt liegen, also auch keine*

[1]) In meinen Arbeiten über vergleichende Morphologie der Coleopteren (Archiv für Naturgesch. 1894—97) habe ich die Bezeichnung Furculae eingeführt, weil Apophysen besser als ganz *allgemeine* Bezeichnung dient.

Gelenke mit ihr bilden, Ano- und Katopleure. Daher unterscheide ich

A. Cocoxale Pleuren: *Trochantin* und *Coxopleure,*

B. Ecoxale Pleuren: *Anopleure* und *Katopleure.*

Die *Katopleure* ist von innen nach aussen und unten nach oben lang gestreckt, *Kpl* reichlich beborstet und stösst unmittelbar an das Sternit *V.* Die *Anopleure* stösst nicht an das Sternit und ist auch vom Trochantin und Katopleure durch die Coxopleure völlig getrennt. Sie ist das am schwächsten entwickelte Pleurenstück, ist länglich von vorne nach hinten und liegt völlig über der Coxopleure, hinten auch mit Tastborsten besetzt. Mit der Apodeme ist sie nicht verbunden. Natürlich sind überhaupt für die Charakterisirung der einzelnen Pleuren die *Apodemen* von grosser Wichtigkeit. Dieselben *s* ziehen vom vorderen Lappen der Coxopleuren über den mittleren und hinteren zum Gelenk G^1, an dem sie, wie gesagt, theilnehmen. Unter dem sichelartigen Stück und dem oberen Trochantinende geht bei *x* nach innen und unten ein *Nebenast y* ab, der nach innen und unten annähernd dem Trochantin entlang zieht, also auch dem Ende des Furkula-Armes sich nähert. *Die Katopleure bleibt dagegen von der Apodeme unberührt.* Der Metathorax zeigt fast ganz dieselben Pleuralverhältnisse wie der geschilderte Mesothorax, einschliesslich des Nebenastes der Apodemen. Die Sternite sind in einen vorderen *V* und hinteren Theil V^1 abgesetzt. Vom hinteren allein gehen die Furcula-Arme ab.

Am *Prothorax* treffen wir zwar im Allgemeinen wieder dieselben Verhältnisse, im Besonderen aber nicht geringe Unterschiede (Abbildung 5). Trochantin und Coxopleure nehmen wieder in der geschilderten Weise an den Gelenken mit der Hüfte theil, aber beide Gebilde sind nicht nur gedrungener, sondern auch *viel mehr auseinander gerückt,* sie berühren sich überhaupt nur auf kurzer Strecke und bilden hier ein deutliches Gelenk *a,* an welchem auch eine innere Längsleiste des Trochantins endet. Nicht dieses, wohl aber die mehr isolirte Lage des Prothorakal-Trochantins ist eine ursprünglichere Erscheinung gegenüber Meso- und Metathorax, was weiterhin noch begründet werden wird. Die prothorakalen übrigen Pleuren hängen überhaupt unter einander viel mehr zusammen als mit dem stark abgesetzten *Trochantin.* Die *Coxopleuren* sind in zwei Theile abgesetzt,

deren hinterer eine annähernd gleichseitig dreieckige Gestalt besitzt und einen auffallenden, beborsteten, blasigen Buckel *B* (der auch bei anderen Gattungen, z. B. Ectobia auffällt). Der vordere Theil (*Cpl*^{1}) ist unbeborstet und hauptsächlich der Träger des vorderen Theiles der *Apodeme*. Diese ist nämlich wieder der Länge nach mit der Coxopleure verwachsen, nimmt hinten am Hüftgelenk *G*^{1} theil, ist im Bereich des hinteren Coxopleurentheiles schmäler, im Bereich des vorderen aber zu einem dreieckigen breiten Lappen *ss*^{1} erweitert. Auf den ersten Blick scheint es, als hinge der Zipfel *s*^{1} mit der Katopleure zusammen. Dies ist aber nicht der Fall, wie sich am leichtesten durch Isoliren der Katopleure feststellen lässt. Diese *Katopleure* hängt also *nicht* mit der Apodeme zusammen und zeigt wieder ihre von oben nach unten längliche Gestalt und reiche Beborstung. Die *Anopleure* ist auch hier die wenigst auffallende und liegt ganz oberhalb der Coxopleure. *Die Pleuren sind also Sklerite* (Skelettplatten) in der weichen Verbindungshaut zwischen Bauch- und Rückenplatte und zwar *bestehen sie aus zwei Paaren*. Das eine Paar, das *cocoxale*, ist an den zuständigen (proximalen) Gelenken der Hüfte betheiligt, während das andere *ecoxale* Paar *nicht mit der Hüfte in Verbindung steht*.

Das *cocoxale* Paar besteht aus *Trochantin* und *Coxopleure*.

Der Trochantin ist ein Pleurenstück, welches an die Bauchplatte und Hüfte zugleich stösst, mit der Hüfte durch ein unteres Gelenk verbunden wird, unter der Coxopleure liegt und nicht mit der Apodeme verwachsen ist. Die Coxopleure ist ein Pleurenstück, welches nicht an die Bauchplatte, wohl aber an die Hüfte stösst und mit ihr durch ein oberes Gelenk verbunden wird, über dem Trochantin liegt und mit der Apodeme in ihrer ganzen Länge verwachsen ist.

Das *ecoxale* Paar besteht aus *Anopleure* und *Katopleure*.

Die Anopleure ist ein Pleurenstück, welches an das Tergit grenzt aber weder an der Bauchplatte liegt, noch mit der Hüfte ein Gelenk bildet, sich oberhalb der Katopleure und des Trochantin befindet und nach unten an Coxopleure und Apodeme grenzt. Die Katopleure ist ein Pleurenstück, welches zwar an die Bauchplatte stösst, aber mit der Hüfte kein Gelenk bildet, sich unterhalb der Anopleure und Coxopleure und vor dem Trochantin befindet und nicht mit der Apodeme verwachsen ist.

Nach diesen Feststellungen kehre ich zum *Mikrothorax* zurück: In Abbildung 5 der Tafel VIII findet man die Theile des Mikrothorax von *Ectobia livida*, wobei zu bemerken ist, dass die zweitheilige Dorsalplatte *D* etwas länger ist, als gezeichnet wurde. Das hintere am tiefsten in der Nackenfalte sitzende Drittel habe ich fortgelassen, um die Bauchplattensicheln angeben zu können.

Die Rückenplatte ist verhältlich breit und namentlich vorn mit Tastborsten besetzt. Uebrigens ist die Zweitheiligkeit nur eine scheinbare, weil die Mittellinie nicht pigmentirt ist, in Wirklichkeit befindet sich gerade hier eine feine Mittelleiste für Muskeln (vergl. Abbildung 7 von Phyllodromia germanica). Dort sieht man auch die vollständige Rückenplatte, welche hinten noch einen kurzen endoskelettalen Abschnitt mit Bälkchen *b* besitzt, namentlich hinten eine kräftige Querleiste *k*. Während die Dorsalplatte von *Phyllodromia* schon schmäler ist als bei *Ectobia*, findet man sie bei andern Formen, z. B. *Monachoda* (Abbildung 6 *D*) noch weit mehr in die Länge gezogen.

Zurückkehrend zu *Ectobia* (Abbildung 5) sehen wir, dass jederseits zwei grosse Pleurenplatten dicht hinter einander liegen, durch eine schmale Zwischenhaut getrennt. Die vordere dieser Platten *Apl* springt vorn innen in einen Zapfen vor, während die hintere *Cpl* sich aussen etwas nach innen biegt; beide sind mit Tastborsten besetzt. Ganz vorn und mehr nach dem Rücken zu bemerkt man jederseits noch ein kleines rundliches beborstetes Plättchen *Kpl*, durch wärzchenreiche Haut von *Apl* getrennt. Es fällt uns nicht schwer, bei einem Vergleiche dieser Pleurentheile des Mikrothorax mit den erörterten des übrigen Thorax und namentlich des Prothorax festzustellen, dass wir *hier wie dort drei hintereinander liegende Theile haben*, die wir also auch als *Anopleuren* (*Apl*), *Katopleuren* (*Kpl*) und *Coxopleuren* (*Cpl*) bezeichnen können. Da das Anhangpaar verschwunden ist, haben wir uns auch über das Fehlen eines Trochantins am wenigsten zu wundern, denn dieser ist ja dasjenige Pleurenstück, welches mit den Hüften am engsten verbunden ist, wie auch durch Vergleiche mit andern Kerfgruppen (Chilopoden, Dermapteren, Thysanuren, Coleopteren) bestätigt wird. Die Verkümmerung der Apodemen entspricht ebenfalls der Beinverkümmerung. *Das nahe Zusammenliegen von Anopleuren und Coxopleuren aber ist darauf*

zurückzuführen, dass diese Theile in den übrigen Thorakalsegmenten durch die Apodemen eng verbunden sind.

Auch zu den beiden die Ventralplatte darstellenden, mit Tastborsten besetzten *Sichelplättchen x* und *y* finden wir homodyname Bildungen am Prothorax. Die Bauchplatte desselben zeigt in ihrer Ausbildung bei Blattodeen nicht geringe Verschiedenheiten, bald ist sie mehr einheitlich, bald mehr in vier Theile abgesetzt. Den letzteren Fall bietet uns *Ectobia* (Abbildung 5), wo wir zwei hintereinander liegende Theile *a* und *c* zu unterscheiden haben (*a* ist das grösste Stück, aber grösstentheils unten fortgelassen), sowie zwei seitliche *bb*, welche sich dreieckig in die beiden andern einkeilen und eine Verbindung mit den Katopleuren *Kpl*[1] herstellen durch einen schlanken Fortsatz. Ein Vergleich der Theile *a* und *c* des Prothorax mit *x* und *y* des Mikrothorax liegt auf der Hand.

Die Skelettplatten des Mikrothorax sind also diejenigen, welche man von einem besonderen Segmente zu erwarten hat und Rückbildungen zeigen sich nur so weit, als das in Zusammenhang steht mit den mangelnden Segmentanhängen. Die kleine Bauchplatte erklärt sich ungezwungen dadurch, dass die *Blattodeen* den Unterkopf so ausserordentlich zurückgedrängt tragen.

Wer nun den Gedanken haben sollte, die von mir als ein besonderes Nackensegment dargelegten Theile liessen sich als Theile des Prothorax auffassen, dem ist durch die obige Erörterung der drei Thorakalsegmente gezeigt, dass diese Auffassung unmöglich ist, denn die Thorakalsegmente haben alle erforderlichen Theile, insbesondere Pleurenstücke, und dem Mikrothorax kommen ebenfalls diese Pleurenstücke zu mit Ausnahme des erörterten Trochantins.

Der besprochene Typus des Mikrothorax findet sich übrigens bei Blattodeen allgemein, man vergleiche z. B. Abbildung 6 von Monachoda, nur die kleinen *Katopleuren* verkümmern häufig, weshalb es auch nicht weiter auffallen kann, dass dieselben im Vergleich mit den andern Segmenten eine mehr dorsale Lage einnehmen. An den Anopleuren kommt bisweilen noch eine ähnliche Einschwärung vor (Abbildung 6 *Apl a*), wie ich sie von den Anopleuren der andern Thorakalsegmente angegeben habe.

Unter den übrigen Insektengruppen sind die *Mantodeen* die einzigen, welche einen *Mikrothorax* besitzen, der in den Grundzügen seines Baues dem der Blattodeen ähnlich ist, so z. B. in der schmalen scheinbar zweitheiligen Rückenplatte, den kräftigen Pleuren und den beiden kleinen, hinter einander liegenden Bauchplattensicheln.

Miall und Denny haben am a. O. auch die Thorakalpleuren von *Periplaneta* behandelt. Ich muss aber gestehen, dass weder Abbildungen noch Text eine richtige Vorstellung erwecken können, zumal diese Autoren nicht über die landläufige Unterscheidung von „Epimeron" und „Episternum" hinauskamen. Wenn zwei Forscher aber über ein Thier ein ganzes Buch schreiben, hätte man wohl erwarten können, dass die Pleurentheile des Thorax wenigstens annähernd richtig abgehandelt worden wären.

Sehr wichtig für die segmentale Natur des *Mikrothorax* ist, wie ich im Zoologischen Anzeiger Nr. 665 auch schon angegeben habe, der Umstand, dass ihm ein *eigenes Muskelsegment* zukommt, hinsichtlich dessen ich für Blattodeen Folgendes feststelle: Muskeln gehen sowohl vom Tergit als auch von den Coxopleuren und Anopleuren aus, nicht aber von den schmalen beiden Sternitsicheln. Ob von den kleinen Katopleuren Muskeln ausgehen, lasse ich dahingestellt sein. Von der schon beschriebenen feinen Mittelleiste des Tergit gehen Muskeln aus, die ich als *schräge Nackenmuskeln* bezeichnen will (Abbildung 3 *m*, m^5). Sie heften sich an die kräftigen *Balken* (*Hl* Abbildung 3), welche die Seiten des Hinterhauptloches bilden. Die schrägen Nackenmuskeln zerfallen in zwei bis drei Gruppen, von denen ich noch besonders auf die weiter hinten befindliche *mu* aufmerksam mache. *Gerade Nackenmuskeln*, welche das Tergit des Mikrothorax mit dem Pronotum verbinden, sind in zwei Paaren vorhanden, von denen das eine m^1 in die Vorderzipfel des Tergit zieht, während das andere m^2 Abbildung 4 in dem hinteren mehr häutigen Theile des Tergites, hinter den schrägen Nackenmuskeln *m* befestigt ist. Feinere Muskeln (*mx* Abbildung 7) gehen auch von der geschilderten Querleiste *k* zum Pronotum. Auch in den Muskeln der Pleurenplatten kommt das eigene Muskelsegment zum Ausdruck, indem dieselben sowohl mit dem Kopfe als auch mit dem Prothorax durch Muskeln verbunden sind. Als *pleurale Mikrothoraxmuskeln* bezeichne ich zwei starke Muskelbündel, welche von den beiden grossen Pleurenplatten zu den Hinter-

hauptbalken ziehen. Als *vorderes* Paar können die bezeichnet werden, welche von den *Anopleuren* ausgehen m^3, als *hinteres* m^{3l} die von den Coxopleuren herkommenden. Mehrere kräftige Muskeln gehen von den beiden grossen Pleuren *Apl* und *Cpl* auch zum Prothorax, so m^4 von der Coxopleure, m^5 und m^6 von der Anopleure.

Miall und Denny haben a. a. O. (The Cockroach) auch der Muskulatur der Haut einen besonderen Abschnitt gewidmet, was um so erfreulicher ist, als gerade die Muskulatur der Insekten ein viel zu wenig gewürdigtes Gebiet ist. Leider finden wir über die Muskulatur des „Neck" dort fast nichts, die „Head muscles" (vergleiche S. 73 und 74) sind theils in ihrem Verlaufe nicht deutlich zu erkennen, theils direkt unrichtig, was auch nicht anders zu erwarten war, nachdem diese Autoren das Tergit des „Neck" nur unvollständig gesehen. Immerhin sind mit den schrägen hintersten „Head muscles" der Abbildung 35 die pleuralen Mikrothoraxmuskeln angedeutet. Auch findet man dort prothorakale Longitudinalmuskeln angegeben, welche dem Mikrothorax entsprechen, indem sie nicht etwa bis zum Kopfe ziehen, sondern bis zu jenem.

* * *

B. Dermaptera.

(Zugleich über *Dermapteren* 3. Aufsatz.)[1])

Die Dermapteren tragen den Kopf nach *vorne* gehalten und sind ausgesprochen prognath. Ihre Hüften zeigen keine ungewöhnliche Grösse. Auch der Thorax weicht in seinem Bau erheblich von dem der Blattodeen ab, obwohl er meist dieselben Grundzüge aufweist. Wir finden nämlich wieder die zwei cocoxalen Pleuren und die zwei ecoxalen. Während aber bei den *Blattodeen* Meso- und Metathorax fast übereinstimmende Pleuren aufweisen, zeigen sie bei den Dermapteren viel grössere Unterschiede (entsprechend der grösseren Verschiedenheit der Vorder- und Hinterflügel) aber auch der Prothorax weicht vom Meso- und Metathorax noch mehr ab als das bei den Blattodeen der Fall ist. Der Mikrothorax ist ebenfalls beträchtlich von dem der Letzteren verschieden.

[1]) Der 1. Aufsatz steht in Nr. 665 des zoologischen Anzeigers, der 2. in den Sitz. Ber. d. Ges. naturforsch. Fr. in Berlin 1902.

Betrachten wir einmal näher die Thorakalsegmente von *Echinosoma occidentale* Bormans (vergl. Tafel X). Die Bauchplatten sind im Vergleich mit den Blattodeen recht gross und von einheitlicher Gestalt. Trotzdem kommen ihnen Nebengebilde zu, die an ihren Vorderecken liegen und zu den bekannten Complementär- oder Vorring-Bildungen gehören, ich bezeichne sie als *Vorplatten Vp.* Es sind ihrer stets zwei, welche jederseits vorne liegen (nur am Mikrothorax werden wir eine unpaare Vorplatte kennen lernen). Diese Platten sind nun deshalb als *Sternit-Ausgestaltungen* aufzufassen, weil einmal die bei andern Insekten-Gruppen vorkommenden Pleurentheile alle vorhanden sind (entsprechend der Schilderung bei Blattodeen), sodann aber diese Platten manchmal nicht ausgeprägt sind, in vielen Fällen aber wirklich mit der Bauchplatte *zusammenhängen*, vergl. z. B. Tafel X, Abbildung 2.

Am *Metathorax* (Abbildung 2) finden wir an der grossen quadratischen Bauchplatte an der Vorderecke, seitwärts sich ausdehnend und nur theilweise durch eine Furche von dem Sternit-Haupttheil getrennt, jederseits eine grosse, vorn und aussen abgestutzte und hinten dreieckig verschmälerte *Vorplatte.* Hinter ihr liegt eine recht schmale, beborstete Katopleure und hinter dieser wieder ein annähernd dreieckiger Trochantin, der einen Gelenkfortsatz gegen die Hüfte schickt. Oberhalb des Trochantins und der Vorplatte erstreckt sich die grosse *Coxopleure, an deren oberen Rand die lange kräftige Apodeme x angewachsen ist.* Die Coxopleure an sich stösst nicht unmittelbar an die Hüfte, aber die Apodeme ragt bis zu ihr und bildet gegen sie einen kräftigen platten Gelenkhöcker G^1. *Das vordere Ende der Apodeme dient, wie auch bei Blattodeen, als Stütze des Flügelgrundes.* Das hinterste Stück der Coxopleure ist von ihr durch eine Falte abgesetzt und entbehrt auch der Tastborsten; ich nenne es *Alarpleure* (*Alpl*^{2}). In der Haut zwischen Pleuren und Hüften fällt noch ein kleines längliches Sklerit *H* auf, das offenbar eine Abschnürung des Trochantins ist. Oberhalb der Coxopleure und der Apodeme liegt nach hinten zu eine ziemlich kleine, nach vorn schwach begrenzte Anopleure. Die *Furkula*-Gebilde *F* sind von einander getrennt, sitzen am Sternit fest und ein Stück von dessen Seitenrand entfernt. Das Ende ihres Fortsatzes ist frei, d. h. nicht mit einem Pleurenstück verwachsen.

Der *Mesothorax* bietet uns folgende bemerkenswerthe *Abweichungen vom Metathorax*: Die *Vorplatten* sind mehr nach vorn gerückt, von dreieckiger Gestalt und *ganz* von dem Sternit durch Zwischenhaut getrennt, so dass sie wie ein Pleurenstück erscheinen. Der Trochantin (Abbildung 4) ist von sehr gestreckter Form, liegt nicht der Länge nach an der Katopleure, sondern berührt sie nur mit seinem Vorderende. Mit der Vorderhälfte der Aussenseite aber stösst der Trochantin an die Vorplatte, so dass also die Katopleure hier *nicht zwischen* Trochantin und Vorplatte liegt, sondern *vor* denselben, auch ist die Katopleure (Abbildung 3) nicht schmal gestreckt, sondern gedrungen, beinahe rechteckig. Die kleine Nebenpleure des Trochantin ist nicht vorhanden. Die Coxopleure ist der des Metathorax in der allgemeinen Lage recht ähnlich, ebenso ihre Apodeme, nur ist die Alarpleure *Alpl*[1] durch einen Zwischenstreifen *w* nicht vorn sondern *unten* abgesetzt. Daher befindet sich diese Alarpleure vorn gleich über der Katopleure und ist von viel länglicherer Gestalt. Auffallend *gross* ist die *Anopleure*, die *wieder der Länge nach an die Coxopleure und Apodeme* grenzt, nämlich ungefähr doppelt so gross wie die Coxopleure und oben in einem nach hinten gerichteten Lappen in Gestalt eines zusammengedrückten Helms ausgestülpt.

Stärker noch und z. T. wieder ganz anders weicht der *Prothorax* vom Metathorax ab (vergl. Tafel X, Abbildung 1). Vor allem muss darauf hingewiesen werden, dass, im Gegensatze zu Meso- und Metathorax, *eine zusammenhängende endoskelettale Brücke besteht zwischen Sternit und Pleuren* und zwar derart, dass der *Furkula-Arm* nicht wie dort frei endet, sondern *zur kräftigen Anopleure zieht, auf dieser sich ausbreitet und mit ihr verschmilzt* (Abbildung 1 *F d c*). Die Furkula-Arme sind am Rande der fast rechteckigen Bauchplatte hinter der Mitte an einer etwas eingebuchteten Stelle mit einem Knoten *k* befestigt. Die *Vorplatten*[1]) sitzen durchaus vor dem Sternit, sind dreieckig und auch hier vollständig von ihm durch Haut

[1]) In meinem ersten Aufsatz über Dermapteren, im Zoolog. Anzeiger 1902 habe ich in der vorläufigen Mittheilung über den Mikrothorax diese prothorakalen Vorplatten als „Höckerplatten" bezeichnet. Jetzt, wo ich den Thorax der Dermapteren noch eingehender studirt habe, lasse ich diese Auffassung fallen, da wir es mit *Vorplatten* zu thun haben, die an *allen* vier Thorakalsegmenten vorkommen.

getrennt. Die beiden Gelenke mit der Hüfte werden in der wie sonst geschilderten Weise von Trochantin und Coxopleure gebildet. Diese beiden Stücke liegen der ganzen Länge nach an einander. Der Trochantin liegt hart am Sternit und erscheint als ein spitzwinkeliges Dreieck. Unter der Vorderecke desselben liegt die sehr kleine aber doch deutlich abgegrenzte Katopleure. Die Coxopleure ist querüber in der Mitte mit der Apodeme *x* verwachsen, die um ebenso viel schwächer ist als der Furkula-Arm stärker und vorn in stumpfen Winkel nach unten und vorn biegt und ausläuft. Die Coxopleure bildet bei *a*, d. h. am oberen Rande ein kleines *Gelenk* mit der Anopleure. Diese *Anopleure* ist von sehr mächtiger Entwickelung und umfasst im Halbkreise die Coxopleure. Hinten ist sie wieder in einen grossen zusammengedrückten Lappen ausgestülpt *Dp*. Der Furkulaarm ist also mit der Anopleure verwachsen und zwar findet diese Verwachsung ihren Ausdruck in einer kräftigen Längskante *c*, welche sich vor dem kleinen Gelenke *a* befindet. Ich will hier nur daran erinnern, dass die prothorakalen Furkula-Arme bei den Blattodeen am Ende *frei* sind. Vergl. Tafel VIII, Abbildung 5*F*.

Was ich hier für *Echinosoma* ausgeführt habe, gilt in den Grundzügen für die *Dermaptera* überhaupt, doch will ich als *Beweis* dafür noch einige Formen besprechen, die als Vertreter der am meisten von einander abweichenden Gruppen gelten können, nämlich *Forficula, Anisolabis, Chelidura, Apachyus* und *Hemimerus*. Hieraus wird man zugleich ersehen, dass mancherlei Abweichungen im Bau des Thorax auch *wichtige systematisch-phylogenetische Handhaben liefern*. Ich bespreche bei diesen Formen also hauptsächlich die Unterschiede:

Forficula: Am Metathorax sind keine Sternit-Vorplatten abgesetzt, vielmehr hängen die betreffenden Theile völlig mit dem Sternit zusammen. Die Katopleuren sind ganz rückgebildet. Der Trochantin ist noch vollständiger dreieckig und mehr an die Hüfte herangedrängt, dem entsprechend ist nichts von ihm abgeschnürt. Die *Coxopleuren* sind im Ganzen denen von *Echinosoma* recht ähnlich, aber auch näher an die Hüfte gerückt, vorn besitzen sie wieder eine scharf abgesetzte, unbeborstete Alarpleure. Vor dieser und hinter den Anopleuren des Mesothorax liegen übrigens die *Stigmen* des letzteren. Die Anopleuren des Metathorax sind stärker ent-

wickelt, nämlich grösser als der Trochantin. Die Furkula-Arme sind entschieden kräftiger entwickelt und von anderer Form. Der *Prothorax* zeigt wieder dieselben Grundzüge des Baues, aber auch merkliche Abweichungen. Trochantin und Coxopleure sind zwei Dreiecke, die zusammen ein Rhomboid bilden. Die Coxopleure stösst nur in einem Punkte an die Hüfte und da liegt das Apodemengelenk. Die Coxopleure liegt genau *unter* der Anopleure und bildet mit ihr *kein* Gelenk. Die Anopleure ist gross aber ihr Hinterlappen weniger entwickelt. Katopleure sehr klein. Das Gesagte gilt, von artlichen Unterschieden abgesehen, sowohl für die *geflügelte Forficula auricularia* als auch für die ungeflügelte *F. decipiens*, welche nur Flügelstummel besitzt.

Anisolabis: Eine Form aus einer Familie, deren Angehörige sämmtlich der Flügel entbehren und auch von Elytren nur höchstens unvollständige Schuppen besitzen, ist hier von besonderem Interesse.

Metathorax (Tafel XI, Abbildung 3) nur mit schwacher Andeutung einer Vorplatte *A*. Katopleuren fehlen. Trochantin dreieckig, Coxopleure gross, länglich, von der Anopleure ist nur ein schwaches Plättchen über der Hinterecke der Apodeme übrig.

Mesothorax (Tafel XI, Abbildung 1) in den Pleuren dem von *Forficula* höchst ähnlich, im Tergit aber sehr abweichend.

Prothorax fast ganz wie bei Forficula.

Chelidura: Stimmt in allen wesentlichen Punkten hinsichtlich der Sternite und Pleuren mit Forficula überein.

Apachyus: Dem stark abgeplatteten Körper gemäss sind auch die Pleuren verhältlich stark gestreckt, namentlich sind Apodemen und Coxopleuren sehr lang.

Der *Metathorax* ist auffallend durch die trotz des abgeplatteten Körpers ziemlich grossen, ein stumpfwinkeliges Dreieck bildenden Anopleuren, deren stumpfer Winkel gegen die Hüfte liegt. Vorn an der Coxopleure findet sich eine kleine Alarpleure abgesetzt und diese ist auch deutlich beborstet. Der Trochantin ist länglich dreieckig, *noch nicht halb so lang wie die Coxopleure*, die Katopleure fehlt. Am *Mesothorax* ist der Trochantin verhältlich etwas länger aber sehr schmal, die Katopleuren wieder deutlich ausgeprägt und vorn gebogen, die Coxopleuren kräftig aber ohne

Alarpleuren. An den ziemlich grossen Anopleuren sind hinten *keine* deutlichen Lappen ausgestülpt.

Im Bau des *Prothorax* zeigt *Apachyus* ebenfalls Besonderheiten: die *Anopleuren sind auffallend schmal* und entbehren ebenfalls hinten der Lappenausstülpung. Die andern Pleurenstücke erinnern sehr an die von *Anisolabis*, doch ist die Coxopleure recht *schmal*, kleiner als der Trochantin und vorn etwas buckelig aufgetrieben.

Apachyus weicht also auch im Bau des Thorax von den *Eudermaptera* mehr ab als irgend eine Form unter diesen von den andern. Besonders eigenthümlich ist auch diejenige Gattung, welche in andern Organen noch mehr von den andern *Dermapteren* abweicht und früher in die Nähe der Blattodeen gestellt wurde, nämlich *Hemimerus*. *Der Bau des Thorax zeigt auf das Unzweideutigste, dass Hemimerus eine Dermaptere ist*, wie es auch schon von andern Forschern, allerdings mit noch sehr unzureichender Begründung angenommen wurde, so von de Bormans (Thierreich 1900) im Anschluss an H. Hansen 1894 und Saussure 1896. Alle diese Forscher neigen aber dazu *Hemimerus* für eine *Mittelform* zwischen *Dermapteren* und *Blattodeen* anzusehen. Das ist aber nicht richtig, denn *Hemimerus* bildet allerdings eine besondere Unterordnung, ist aber gleichwohl *entschieden eine Dermaptere, ohne Ueberleitungen zu den Blattodeen!*[1])

Hemimerus: Der *Metathorax* (Tafel XII, Abbildung 8) besitzt nur sehr kleine Rudimente von Anopleuren, als sehr schmale Streiflein, hinten neben und über den Apodemen. Die andern drei Pleurenstücke sind gut ausgebildet. Die Trochantine haben balkenartige Gestalt, sind mit starken Tastborsten besetzt und nur vorn etwas verbreitert. Sie stossen auf ziemlich langer Strecke an die *grossen rundlichen Katopleuren*. Auch die Coxopleuren sind verhältlich gedrungen und ihre Apodemen ragen hinten eine Strecke weit über die Coxopleure selbst hinaus. In der Mitte *x* sind die Apodeme stumpfwinkelig eingeknickt. Die in der Nähe der Anopleuren gelegenen Stigmen (*St* 1. A. Abb. 8) könnte man a priori sowohl zum Metathorax als 1. Abdominalsegment rechnen. *Alle vier Thorakalsegmente von Hemimerus entbehren der sternalen Vorplatten.* Das Metasternum springt

[1]) Ueber den Thorax von *Hemimerus* haben wir auch durch Hansen und Saussure nur Oberflächliches erfahren, über die Pleuren fast nichts.

mit einem dreieckigen Lappen zwischen Trochantin und Katopleure ein. Die Furculae sind, namentlich im Grundknoten *F* sehr kräftig entwickelt.

Der *Mesothorax* (Abbildung 9) erinnert in den zwar ziemlich grossen aber dennoch der Hinterlappen entbehrenden Anopleuren an *Apachyus*. Die Coxopleuren sind recht eigenthümlich, im Ganzen von etwa dreieckiger Gestalt und vorn ungefähr abgestutzt. Die Apodeme springt gegen die Hüfte zur Gelenkbildung *G*¹ wieder etwas über die Coxopleure hinaus und nach unten sendet sie einen sehr grossen dreieckigen Nebenzipfel. Neben dem vorderen Apodemenende springt nach oben ein abgerundeter, beborsteter *Höcker der Coxopleure* vor, der mir von den andern Dermapteren nicht bekannt geworden ist.

Hinter der Mitte des unteren Randes stösst an die Coxopleure der schmale, kräftig beborstete Trochantin, der mit ihr nur durch ein Bändchen in fast gelenkartiger Weise zusammenhängt (*b*). Die Folge davon ist ein Käntchen, das bei *b* innerhalb der Coxopleure schräg hinaufzieht und sie so in zwei hinter einander liegende Theile absetzt. Die Katopleure ist gut entwickelt, rechteckig und deutlich beborstet. Im *Prothorax*-Bau erkennt man *Hemimerus* besonders auffallend als ausgesprochene *Dermaptere*. Das Sternum zeigt hinter der Mitte die bekannte Einschnürung. Die Pleuren sind denen von *Anisolabis* recht ähnlich, nur die Anopleuren schwächer, hinten ohne Lappen und an Coxopleure nebst Apodeme angewachsen.

Elytren, Mesonotum und Metanotum.

Im Vorigen haben wir gesehen, *dass die Thorakalpleuren der Dermapteren durch das Vorhandensein oder Fehlen der Flügel sowohl wie der Elytren auffallend wenig beeinflusst werden, denn die völlig ungeflügelten Formen zeigen den gleichen Grundzug der Pleurenbeschaffenheit wie die geflügelten und die nachgewiesenen auffallenderen Unterschiede sind vielmehr systematisch-phylogenetischen Charakters.*

Ganz beträchtliche *Unterschiede* zwischen geflügelten und ungeflügelten Formen sowohl wie zwischen solchen mit typischen Elytren und mehr oder weniger verkümmerten oder ganz fehlenden Elytren aber bieten uns das *Meso-* und *Metanotum*, worauf ich noch näher eingehen muss. Gleich vorausgeschickt aber sei das allgemeine Ergebniss, *dass die Verkümmerung der*

Flügel und namentlich Elytren, die sich ja auch in ihrer Entwickelung als Tergitseitentheile kundgeben, in erster und ganz hervorragender Hinsicht einen Einfluss auf eben diese Tergite ausüben, während die Pleuren die beständigeren Charaktere in der Erscheinungen Flucht aufweisen.

Weiter hängt damit zusammen, dass die mit Unrecht bisher so wenig beachteten *Pleurentheile der Insekten wichtige Handhaben für die Ordnungscharakteristik liefern* können, ohne für kleinere Kategorieen in dieser Hinsicht zu versagen, während die *Tergite zur Ordnungscharakteristik unbrauchbar sind, dagegen wichtig für Familien und Gattungen.*

Bei den *Dermapteren* haben wir *zwei grosse Bildungsgruppen* in Bezug auf *Elytren, Flügel, Mesonotum, Metanotum* und auch 1. Abdominaltergit zu unterscheiden, nämlich

A. Formen *ohne* alle Spur von Flügel und *ohne* Elytren oder solche die klaffen oder mehr oder weniger verkümmert sind, deren Meso- und Metanotum *larvalen* Charakter trägt, d. h. so ist wie bei den Larven und die weiter zu besprechenden Auszeichnungen *nicht* besitzt und mit einem starkwandigen 1. Abdominaltergit.

B. Formen, die entweder typische Flügel besitzen oder wenigstens Stummel von solchen, deren Elytren nie klaffen, sondern an der Naht zusammenschliessen, deren Meso- und Metanotum *nicht* larvalen Charakters sind, sondern allerlei Auszeichnungen besitzen und deren 1. Abdominaltergit zartwandig ist.

Die *Elytren* der *Dermapteren* besitzen bekanntlich keine Rippen, aber man kann in ihnen dennoch *vier deutliche Tracheenstämme* verfolgen (siehe von Forficula auricularia Tafel XII, Abbildung 5, Tracheen 1, 2, 3, 4). Den Innenrand der Elytren nenne ich den *Nahtrand Nr.* Von einem Nahtrand kann aber nur bei den Formen der Gruppe **B** die Rede sein, d. h. wenn die Deckflügel in der Mitte hart an einander stossen und so eine *Naht* bilden. An der Unterfläche der Elytren befindet sich nun in der Nähe der Naht eine nach unten und innen vorspringende, in der Vorderhälfte befindliche *Längsrippe*, die ich, da sie bei allen Formen der Gruppe **B** mit Borsten oder Stacheln besetzt ist, als *Stachelrippe* bezeichnet habe. Die Stachelrippe ist nach den Gattungen von verschiedener Länge und Stärke, aber *immer stehen ihre Stacheln nach innen und hinten.* In Abbildung 4

sieht man das vorderste Stück der Stachelrippe von *Forficula auricularia* bei 275facher Vergrösserung. Abbildung 3 zeigt die Vorderhälfte einer Flügeldecke von *Diplatys Raffrayi* mit schwächerer Stachelrippe und weniger Borsten. *Flügeldeckensäulen*, wie sie für Coleopteren so charakteristisch sind, fehlen hier bei Dermapteren nicht, sind mir aber nur zwischen Naht und Stachelrippe vorgekommen, bei Forficula auricularia nur wenige (vergl. Tafel XII, Abbildung 5 *Fs*).

Mit der *Stachelrippe* hat es nun eine höchst eigenthümliche Bewandtniss, indem dieselbe *zum festen Einlegen der Decken* dient und in innigem Zusammenhange steht mit einem Gebilde des Mesonotum, welches ich als *Doppelbürste* bezeichnet habe. Das *Metanotum* aller *geflügelten* Formen ist von verhältlich zarter Beschaffenheit und zerfällt meist in *zwei hinter einander liegende Theile, das Metanotum s. str.* und ein anderes an der Oberfläche theilnehmendes Stück, das ich als *Pseudonotum* bezeichnet habe (vgl. Tafel XI, Abbildung 8 *Psno* von *Echinosoma occidentale*). Je nach den Gruppen ist das Pseudonotum von verschiedener Grösse. Seiner vergleichend-morphologischen Natur nach ist es eine *Ausgestaltung und namentlich Ausbreitung des Metaphragmas*, doch kann man ein *Metaphragma* im engeren Sinne (*Mtph*) von dem eigentlichen *Pseudonotum* unterscheiden. Diesem eigentlichen Metaphragma sind auch zwei innere Leisten zuzurechnen, die nach vorn gehen und sich am Ende gabeln *r*. Sie schliessen innen zwischen sich ein kleines eiförmiges Feld ein. Noch weiter vorn befinden sich unter der Mitte des Metanotum *DM* zwei Längsleisten *aa* (vergl. Abbildung 7 und 8). Von diesen *Nebenleisten* sowohl wie den gegabelten *r* gehen Longitudinalmuskeln zum inneren Hinterrand des Pseudonotums. Durch ihre Zusammenziehung kann die Mitte des Metanotums heruntergezogen werden. In der Mitte des Metanotum aber befinden sich zwischen den *Nebenleisten* noch zwei Leisten und auf diesen *Innenleisten* sitzen in der Richtung von vorn nach hinten stachelartige Borsten, welche im Ganzen eine *Doppelbürste b b* vorstellen. Zwischen den beiden Bürsten befindet sich eine Mittelrinne. *Während nun die Borstenstachel der Stachelrippe nach aussen gerichtet sind, stehen umgekehrt die der Doppelbürste nach innen.*

Werden nun die Elytren eingelegt, so greift die Stachelleiste mit ihren Borsten wie ebenso viele Haken hinter die Stachel der Doppelbürste und wird

dadurch eine feste Verankerung der Elytren auf dem Metanotum bewerkstelligt. Gleichzeitig werden die in ihren Falten elastischen Flügel niedergedrückt und fest zusammengefaltet. Die in allerlei Spalten umherschlüpfenden *Dermapteren* werden aber durch diese hübsche Einrichtung der *Elytrenverankerung* davor bewahrt mit ihren Decken oder Flügeln durch deren Abstehen irgendwie behindert zu werden. Zugleich können die Flügelfalten eine hohe Elasticität erhalten, wodurch ihre Ausbreitung zum Fluge erleichtert wird.

Verschiedene Forscher haben darauf hingewiesen, dass *Forficula* ihre Flügel dadurch entfalten könne, dass die Zangenenden die Schuppen der Flügel aufheben. Ohne an dieser Angabe zweifeln zu wollen, muss ich doch darauf hinweisen, dass dergleichen bei manchen Dermapteren mit sehr langen Zangen gar nicht möglich ist und dass es auch physiologisch *nicht nöthig ist*. Denn durch die Retraktoren der Doppelbürste (*m* Abbildung 8, Tafel XI) wird diese aus den Zähnen der Stachelleisten herausgezogen und die Decken durch ihre Muskeln gelüftet, worauf die Flügel durch Bewegungen ihrer selbst, der Decken und des Abdomens entfaltet werden. Bemerkt sei noch, dass die Hinterflügel mit inneren *Zipfeln* (*z z* Abbildung 8, Tafel XI) über den verderen Theil des Pseudonotums weggreifen und in der Mitte nur durch ein Knötchen getrennt sind. Bei manchen Formen sind diese Zipfel nach hinten wurstförmig verlängert.

Mit dem so geschilderten, verwickelt gebauten Metanotum der geflügelten Formen vergleiche man das einfache der völlig flügellosen, z. B. von *Anisolabis* (Abbildung 5), welches sich quer erstreckt und hinten stark eingebuchtet ist, im Uebrigen aber von Mittelrinne, Doppelbürste, Metaphragma und Pseudonotum nichts besitzt.

Das *Mesonotum* der *ungeflügelten Dermapteren* ist ebenfalls sehr einfach, nämlich z. B. bei *Anisolabis* (Abbildung 4) annähernd quadratisch und nur vorn mit einer schwachen inneren Querleiste.

Sehr abweichend gebaut ist das *Mesonotum der Geflügelten* z. B. von *Echinosoma* (Tafel XI, Abbildung 6). Die Gestalt ist etwa dreieckig und dieses Mesonotum ist verhältlich klein. Hinten springt es in eine von oben gesehen dreieckige Ausstülpung mit stumpfer Spitze *Sct* vor. Innen liegt

unter dem Mesonotum eine *Längsleiste* und vorne eine *Querleiste*, wodurch eine Kreuzgestalt entsteht. Der hinter der Querleiste liegende und oft äusserlich mehr oder weniger sichtbare Theil ist als *Skutellum* bekannt. Den Querabschnitt davor, welcher mehr endoskelettaler Natur ist, bezeichne ich als *Paraphragma Pph.* An den Seiten bemerkt man einen kleinen Fortsatz *a a*. Das eigentliche Charakteristische für das Skutellum ist der dreieckige Theil *a Sct a*, doch ist der Begriff Skutellum gar kein scharfer. Unter diesem Dreieck liegt nach hinten ein *Mesophragma* (*Meph*), welches in der Mitte mit zwei Zipfeln stark nach innen vorspringt.

In die beiden obigen Gruppen **A** und **B** lassen sich alle mir bekannten *Dermapteren* leicht vertheilen, nur die Gattung *Karschiella* Verh. (vergl. Zoolog. Anzeiger 1902, Nr. 665) nimmt eine gewisse *Mittelstellung* ein, indem Doppelbürste und Stachelleisten zwar vorhanden aber schwach sind,[1]) ausserdem einerseits Flügelstummel erhalten, aber das 1. Abdominaltergit starkwandig ist, entsprechend seiner offenen Lage, was wieder mit den kurzen und aussen schräg abgestutzten Elytren zusammenhängt. Diese haben übrigens einen typischen Nahtrand und auch Skutellumanschluss. Was de Bormans im „Tierreich" 1900 über den Thorax der Dermapteren mittheilte, ist sehr dürftig, theilweise aber auch ganz unrichtig, so die Sätze:

„Bei einigen Gattungen stehen die Elytren an ihrem Grunde auseinander, wodurch ein kleiner annähernd dreieckiger Mediantheil des Mesonotum, das Skutellum, freibleibt." „Die Pleuren bestehen jederseits aus zwei länglichen Platten" u. s. w. „Drei Thorakalstigmen sind vorhanden." „Die Elytren setzen sich am Vorderrand des Mesonotum an." „Bei den mit Flügeln versehenen Arten legen sich die Elytren mit gerader Naht wagerecht neben einander, bei den ungeflügelten sind sie häufig zusammengewachsen, oft dem Mesonotum ganz aufgewachsen und nur als erhöhte Fläche undeutlich abgegrenzt." Thatsächlich findet weder ein Zusammenwachsen noch ein Aufwachsen statt, sondern die Elytren verkümmern!

[1]) Ueber die Stachelleiste der Dermapteren habe ich nirgends eine Mittheilung finden können, daher muss auch die hübsche Verschlusseinrichtung unbekannt geblieben sein. Die Doppelbürste aber hat Burmeister gesehen, denn er beschreibt sie im „Handbuch der Entomologie" 1838, II. Bd., 2. Abt., S. 745 als „zwei nach vorn etwas divergirende, innen mit kurzen gelben Haaren kammförmig in einer Reihe bekleidete Leisten."

Die Begriffsbestimmungen der Pleuren (Apodemen).

Oben habe ich für die Fassung der einzelnen Pleurenstücke der Blattodeen ganz scharfe *Definitionen* aufgestellt. Ich kann jetzt für die *Dermapteren* nur hervorheben, dass die obigen Begriffsbestimmungen *auch für diese vollkommen zutreffen*, was jedenfalls dafür spricht, dass wir sie als Definitionen *für die niederen Insektenordnungen überhaupt* gelten lassen können und dass bei der Betrachtung höherer Ordnungen von diesen für die niederen aufgestellten Begriffen ausgegangen werden muss. Trotz des Gesagten bestehen in den Pleuren zwischen Blattodeen und Dermapteren bedeutende Unterschiede. Jetzt sei nur noch eine Definition *des Begriffes der Apodemen* angeschlossen (für *Blattodeen* und *Dermapteren*): *Die Apodemen sind endoskelettale, mit den Coxopleuren in der Richtung von vorn nach hinten verwachsene Balken oder Leisten, welche mit ihrem Hinterende an dem äusseren Grundgelenk der Hüften theilnehmen, im Meso- und Metathorax aber mit dem Vorderende eine Stütze für Flügel oder Elytren abgeben, während sich im Prothorax das Vorderende nach den Gruppen verschieden verhält.*

Thoraxstigmen der Dermapteren.

A. a. O. giebt de Bormans für die *Dermapteren drei* Thorakalstigmen an, was vom Standpunkte der reinen Sonderbeschreibung auch als richtig gelten kann, vergleichend-morphologisch aber unrichtig ist, denn das 3. thorakale ist in Wahrheit das 1. abdominale Stigma. Dem entsprechend giebt de Bormans auch sieben abdominale Stigmen an. Er hat aber das 1. Abdominalsegment völlig verkannt, da er schreibt, es sei „sowohl dorsal wie ventral mit dem Metathorax verwachsen.“[1]) In Wahrheit kommt es gar nicht vor, dass die 1. Dorsalplatte mit dem Metanotum verwächst.

Wir finden vielmehr die Stigmen des 1. Abdominalsegmentes meist deutlich *neben* seinem Tergit gelegen, in manchen Fällen allerdings rücken

[1]) Das 1. Abdominalsegment der Dermapteren hat übrigens auch der grosse Friedrich Brauer übersehen, wie sich aus seiner klassischen Arbeit „Systematisch-zoologische Studien“ Wien 1885, S. 74 ergiebt, wo das 1. abdominale Sternit als vorhanden angegeben wird. Solche und ähnliche Mängel können aber nichts an der Thatsache ändern, dass diese Arbeit zu den bedeutendsten zählt, die je über vergleichende Morphologie und Gruppenbeziehungen der Kerfe geschrieben wurden.

sie mehr nach vorn und liegen dann auf der Grenze zwischen Metathorax und 1. Abdominalsegment. Bei den *Blattodeen* finden wir Aehnliches. Thatsächlich besitzen also die *Dermapteren* (und Blattodeen) unter ihren *zehn* Stigmenpaaren *zwei thorakale* und *acht abdominale*. Von den beiden thorakalen Stigmenpaaren gehört das *vordere* zum *Pro*thorax, das *hintere* zum *Meso*thorax. Das prothorakale sowohl wie das mesothorakale findet sich *hinter den Anopleuren* und die hinteren Lappen, in welche die Anopleuren so oft ausgestülpt sind, dienen offenbar *als Schutzlappen für die Athemöffnungen*.

Abstammung flügelloser Dermapteren von Geflügelten.

In der bekannten Zweitheilung F. Brauers, nach welcher die Hexapoden in *Apterygogenea* und *Pterygogenea* oder *Apterygota* und *Pterygota* zerlegt sind, wurden zahlreiche Gruppen, die keine Spur von Flügeln aufweisen, dennoch zu den Pterygota gerechnet. F. Brauer sagt auf S. 55, Anm. 1 es sei ihre Abstammung von Geflügelten „nachzuweisen aus der Bildung des Thorax, der seine Form den Flugorganen zufolge modificirt hat und bei den secundär Flügellosen beibehält.“ Diese Erklärung ist doch wohl zu unbestimmt und kann schon deshalb nicht befriedigen, weil sie uns thatsächlich oft im Stiche lässt, so z. B. bei denjenigen *Dermapteren*-Familien, welche wie *Isolabiden*[1]), *Gonolabiden und Hemimeriden keine Spur von Flügeln aufweisen*. Wir sahen, dass bei der Rückbildung von Flügeln besonders Meso- und Metanotum beeinflusst werden, indem dieselben wieder zum larvalen Typus zurückkehren. Wir können das verfolgen bei Familien, die wie die Anisolabiden[2]), Chelidurіden und Karschiellіden mehr oder weniger verkümmerte Flügel oder Elytren besitzen. Bei den genannten drei andern Familien aber?! Bei *Gonolabiden* und *Isolabiden* könnte man aus der nahen Verwandtschaft mit andern Dermapteren auf die Abstammung von Geflügelten schliessen, obwohl das allein nicht recht befriedigen wird. Aber bei den isolirt stehenden Hemimeriden wäre die Sache noch viel fragwürdiger. Es erscheint mir daher von Wichtigkeit zu sein, aus der Organisation auch dieser Gruppe einen Punkt hervorheben zu können, der *un-*

[1]) Vergl. Sitz.-Ber. d. Ges. naturforsch. Freunde. Berlin 1902, Nr. 1.
[2]) Vergl. Zoolog. Anzeiger 1902, Nr. 665 über *Dermapteren*.

mittelbar anzeigt, dass diese Familien ebenfalls von Geflügelten abstammen, das ist *das Verhalten der Apodeme*: Im Meso- und Metathorax nämlich dient das *Vorderende der Apodemen* als Flügelstütze und die Apodemen sind überhaupt dementsprechend in die Länge gezogen. Solche *Apodemen* findet man nun sogar noch bei *Hemimerus* in einer Weise, die der der Geflügelten sehr ähnlich ist, selbst im Fehlen der unteren Nebenäste am Metathorax und ihrem Vorhandensein am Mesothorax herrscht Uebereinstimmung. Die kräftige Entwickelung von Pleurenstücken überhaupt spricht auch für *pterygote Hexapoden*.

Mikrothorax der Dermapteren.

Nachdem ich die Bestandtheile der drei gewöhnlichen Thorakalsegmente auseinandergesetzt habe, ist ein Verständniss des Mikrothorax um so leichter, als gleichzeitig auch hier, ähnlich wie bei den *Blattodeen*, ersichtlich geworden ist, dass dieses Nackensegment *nicht* zum Prothorax gerechnet werden kann. (Eine vorläufige Erörterung gab ich bereits 1902 in Nr. 665 des Zoolog. Anzeigers.)

Das Nackensegment kommt in ähnlicher Weise bei *allen Dermapteren* vor, ist aber nicht immer gleich stark entwickelt. Betrachten wir es bei *Apachyus Reichardi* (Tafel XII Abbildung 1 und 2). Wir finden eine rundliche *Bauchplatte*, fast halb so lang als das Prosternum, welche hinten etwas zwischen die Vorplatten desselben greift. Vor dem Mikrosternum lagert eine unpaare, quere Platte *Vp*, die eine einheitliche *Vorplatte* darstellt, halb so gross wie das Mikrosternum. Vor dem Pronotum befindet sich eine sehr quer gestreckte *Rückenplatte D* und vor ihr eine Haut, die fast so gross ist wie die Rückenplatte. An letzterer findet sich jederseits der Mitte eine feine Längsleiste. Man findet in den Seiten, wie bei Blattodeen, *drei Pleurenplatten*, die aber alle ganz von einander getrennt sind. Ausserdem bemerkt man jederseits ein endoskelettales Band, welches aus der Hinterhälfte der hintersten Pleure über der Seite des Sternit zum Hinterhaupte *Hh* geht (*yy*[1]). Da dieses Band von einer Pleure ausgeht, muss es eine *Apodeme* sein und diese Pleurenplatte entspricht, zumal sie auch die hinterste ist, den *Coxopleuren* der andern Thorakalsegmente. Die nur am Innenrande an die Coxopleure befestigte Apodeme bildet mit den Seiten des Hinterhaupt-

loches *Hh* ein in einer Sehne liegendes *Gelenk* (Abbildung 7). Die Coxopleuren sind die grössten, länglich, spärlich beborstet und innen ein wenig eingeknickt. Von den beiden andern Pleuren, die beide dicht beborstet sind, ergiebt sich aus ihrer Lage leicht die längliche grössere, untere als *Katopleure*, die schwache mehr rundliche, obere als *Anopleure*. Anhänge und Trochantine fehlen. Die *Muskulatur* stellt sich auch hier wieder als eine *segmental selbständige* heraus.

Die etwas schräg ziehenden Longitudinalmuskeln des Pronotum (Abbildung 2 m^3) gehen nicht auf das Mikronotum über. Letzteres scheint wegen seiner sehr queren Gestalt keine eigenen Muskeln mehr zu besitzen. Auf der Mitte des Mikrosternum dagegen strahlen jederseits als kräftiges schräges Bündel die *Bauchplattenmuskeln m* aus, welche sich an die Haut zwischen Kopf und Vorplatte ansetzen. Die homodynamen Muskeln des Prothorax sieht man in Abbildung 6 m^4, wo sie vom Hinterrandhöcker *k* schräg zur Ansatzstelle der Furkula *Fu* ziehen. Vor dieser Ansatzstelle heftet sich ein dem Mikrothorax angehörender Muskel (m^1) von bedeutender Länge an, der durch den Mikrothorax hindurchzieht (Abbildung 1 m^1) und sich ebenfalls an die Haut zwischen Vorplatte und Kopf heftet. Seine langen Sehnen sind in Abbildung 2 nach einem Macerationspräparat angegeben. Ebenfalls dem Mikrothorax eigen sind kräftige Muskeln, (m^2 Abbildung 1) welche vom hinteren Teile der Apodeme ausgehen und zum Hinterhaupte ziehen. Das mikrothorakale Muskelsegment ist also auch hier nicht zu verkennen.

Hemimerus schliesst sich im Mikrothorax eng an die übrigen Dermapteren an, doch fehlt die Vorplatte vollständig, das Mikrosternum ist etwas kleiner.

Segmentpaare an Kopf und Brust der Insekten.

So wie hier auf ein neues Thorakalsegment hingewiesen wurde, hat R. Heymons in verschiedenen Aufsätzen auf zwei unbekannte Kopfsegmente aufmerksam gemacht, welche letzteren allerdings nur an jungen Embryonen erkennbar sind (Scolopendra). Berücksichtigen wir auch diese verkümmerten Segmente, so bemerken wir an Kopf und Thorax eine Aufeinanderfolge von

Segmenten, die *paarweise* meist in näheren Beziehungen zu einander stehen, nämlich:

I. { Präantennensegment und
Antennensegment

II. { Interkalarsegment und
Mandibularsegment

III. { vorderes Unterkiefersegment und
hinteres „

IV. { Mikrothoraxsegment und
Prothoraxsegment

V. { Mesothoraxsegment und
Metathoraxsegment.

Das 4. Paar steht als flügelloses zum 5. als flügeltragendem in Gegensatz und bezeichne ich das erstere als *Prototliorax,* das letztere als *Deuterothorax.*

Geht man dem Gesagten mit Rücksicht auf das Abdomen folgerichtig nach, so käme man, da ja Oralstück und Telson (Analsegment) von den Segmentpaaren *als Abschlussstücke ausgeschieden werden müssen,* zu dem Schlusse, dass uns noch ein Abdominalsegment unbekannt geblieben wäre, denn bisher haben wir ausser dem Telson höchstens *elf* Abdominalsegmente nachweisen können. Durch den häufig gleichzeitigen Besitz von Geschlechtsanhängen zeigen nun das 8. und 9. A.-Segment ebenso sehr eine auffallende Beziehung, wie das 10. und 11. als Paar zwischen Telson und Genitalsegment und mit meist zweitheiligem Sternit. Dann blieben noch 7 vordere Abdominalsegmente und es drängte sich die Annahme auf, dass vor dem 1. noch ein Segment eingegangen sei, für welches sich dorsal das bei *Dermapteren* so verbreitete Pseudonotum in Anspruch nehmen liesse. Das ist aber, wenigstens vorläufig, nichts als eine gewagte Hypothese und soll es auch sein, aber der Gedanke scheint mir so beachtenswerth, dass ich ihn nicht unterdrücken wollte. Die Vertheilung der 8 abdominalen Stigmenpaare spräche schon dagegen und so liesse sich vorläufig annehmen, dass hinter dem 11. noch ein 12. Abdominalsegment bestand und verloren ging.

Durch diese Zusammenstellung von Segmentpaaren soll übrigens *keine* phylogenetische Andeutung auf etwaige Beziehungen zu den Progoneata gemacht werden.

Thoraxunterschiede der Dermapteren und Blattodeen.

Dass die *Dermapteren* eine von den *Orthopteren* im heutigen Sinne ganz getrennte Insektenordnung sind, ist von Friedrich Brauer bereits 1885 mit richtigem Scharfblick erkannt worden. Dennoch können und sollen in dieser Hinsicht noch viele stützende Bausteine beschafft werden. Der im Vorigen behandelte Bau des Thorax zeigt sich hier als sehr bedeutungsvoll und *Hemimerus*, den Brauer damals noch nicht berücksichtigen konnte, den spätere Forscher aber als eine Brücke ansprachen, zeigt hier aufs deutlichste, dass eine solche Brücke nicht existirt[1]) und dass durch den Thoraxbau vortreffliche Ordnungsunterschiede gegeben werden. Ich will dieselben im Folgenden in einer Gegenüberstellung ausführen:

Dermaptera:	*Blattodea:*
I. Mikrothorax: Tergit in die *Breite* gestreckt und sehr schmal. *Keine* Nackentasche vorhanden. Sternit gross und rundlich bis quer, mit Muskeln. Coxopleure von der Anopleure weit getrennt, an erstere heftet sich die *Apodeme*.	Tergit in die *Länge* gestreckt und mehr oder weniger schmal, die Mitte einer *Nackentaschen*-Haut einnehmend. Sternit zu einem Querstreifchen verkümmert, muskellos. Coxopleure dicht an der Anopleure liegend, Apodemen *fehlen*.
II. *Prothorax:* Sternit sehr einheitlich und gross aber vorne meist 2 Vorplättchen.	Sternit kleiner und in mehrere Theile mehr oder weniger abgesetzt.

[1]) H. de Saussure sagt 1896 in seiner „Note supplémentaire sur le genre Hemimerus“ S. 293: „Je partage entièrement la manière de voir de M. Hansen, suivant laquelle le genre Hemimerus trouve sa place naturelle parmi les Orthoptères, en formant dans cet ordre une famille séparée qui se rapproche beaucoup de celle des Forficulides. Les affinités avec les insectes de ce dernier groupe telles qu'énumerées par l'auteur ne sauraient laisser de doute à cet égard. Mais je trouve d'autre part *des affinités tout aussi évidentes avec la famille des Blattides*, et je considère les Hemimerus comme occupant une position intermédiaire (!) entre les deux familles. Cela me semble ressortir des comparaisons qui précèdent et qu'on peut résumer comme suit:“ Es folgt dann das Nähere der Beziehungen. Auf das Abdomen komme ich später zurück.

Dermaptera:	*Blattodea:*
Pleuren ohne oder mit sehr kleiner Katopleure. Anopleure ziemlich schwach. Trochantin breit und ohne Gelenk an die Coxopleure stossend. Furkula-Arme an der Grenze von Coxo- und Anopleure an diese angewachsen und dadurch eine feste *endoskelettale Brücke* vom Sternitrand zu diesen Pleurenstücken bildend. Apodemen schwach.	Pleuren mit grosser Katopleure und meist auch grosser Anopleure. Trochantin mit der Coxopleure gelenkig zusammenstossend. Furkula-Arme am Ende *frei* (Tafel VIII Abb. 5 *F*). Apodemen vorne verbreitert. Tergit vorne mit mehr oder weniger starker *Duplikatur* vorragend und die Decke der Nackentasche bildend.
Tergit vorne *ohne* Duplikatur.	Tergit auch bei den geflügelten Formen *ohne* Skutellumbildung.
III. *Mesothorax:* Tergit bei den geflügelten Formen ein *Skutellum* bildend.	
Katopleure quadratisch oder von vorne nach hinten rechteckig, mit dem Trochantin nur auf *schmaler* Strecke zusammenstossend, Trochantin von vorne nach hinten gestreckt.	Katopleure von unten nach oben länglich, mit seiner grössten Länge breit an den Trochantin stossend, der sich ebenfalls von unten nach oben streckt.
Coxopleure *nicht* um die Katopleure fassend.	Coxopleure vorne weit um die Katopleure fassend.
IV. *Metathorax:* Apodemen *ohne* Nebenast.	Apodemen mit nach innen und unten gehendem *Nebenast.*
Coxopleuren die Katopleuren nicht umfassend, letztere fehlen auch oft gänzlich.	Coxopleuren die Katopleuren vorne weit umfassend.
Metanotum bei den Geflügelten mit *Doppelbürste* und meist auch *Pseudonotum.*	Metanotum auch bei den Geflügelten *ohne* Doppelbürste und *ohne* Pseudonotum.

An die Unterschiede in den Vorder- und Hinterflügeln zu erinnern kann hier genügen, sie sind bekannt genug, lassen uns aber bei den Un-

geflügelten im Stich, was für die meisten im Vorigen genannten Unterschiede nicht gilt. Ein wichtiger Punkt aber ist auch die Beschaffenheit der *Hüften*, welche bei *Blattodeen* ungewöhnlich gross sind und abgeplattet, bei den *Dermapteren* von gewöhnlicher Grösse und mehr cylindrisch bis kugelig.

C. Chilopoda.

Die *Chilopoden* sind diejenige Thierklasse, welche nach den übereinstimmenden Ansichten einer Reihe der besten Kerbthierkenner die *nächsten* lebenden Verwandten der *Insektenvorläufer* sind. Es ist sonach zweifellos sehr wichtig, nachzusehen, ob bei diesen Thieren Anklänge an die geschilderten Pleurenbildungen der niederen Pterygoten zu finden sind. Dabei ist gleich darauf hinzuweisen, dass bei *allen* Chilopoden Pleurensklerite vorkommen, dass dieselben aber bei den *Epimorpha* in mehr oder weniger grosser Zahl auftreten, während sie bei den *Anamorpha* eine geringe Zahl aufweisen. Da nun die *Anamorpha* auch sonst den Insekten näher stehen (als die *Epimorpha*), so will ich zum Vergleiche auch einen Vertreter dieser Ordnung wählen und zwar *Lithobius*.[1]) Ueber die Hüften der *Chilopoden* sprach ich bereits im XVI. Aufsatz meiner „Beiträge zur Kenntniss paläarktischer Myriopoden" (Nova Acta d. Leop. K. Akad. Halle 1901) und kann deshalb darauf verweisen. Als besonders wichtig hebe ich nur noch hervor, dass bei den *Chilopoden noch keine Gelenke bestehen zwischen Hüfte und Pleuren*, wie ich sie für *Dermapteren* und *Blattodeen* erörtert habe. Bei *Lithobius* stellen die Hüften ungefähr einen *Cylinder* dar, der derartig nach oben *schräg abgeschnitten* ist, dass die Hüfte oben nur sehr schmal geschlossen ist. (Tafel IX Abbildung 1 und 2.) Innen auf dem Ende der Hüften befinden sich die von mir als *Bogen* (Arcus) beschriebenen beiden Chitinspangen A und A^1, an denen die Beine abbrechen. Jetzt weise ich noch auf ein kleines Gelenk hin (*g* Abbildung 2), welches sich unten zwischen den beiden Bogen befindet. Dass das *endwärtige* Hauptgelenk der

[1]) R. Latzel sagt in seinem bekannten trefflichen Werke über „die Myriopoden der österreichisch-ungarischen Monarchie" Wien 1884, Bd. I S. 32, dass die „Pleuren der Rumpfsegmente weichhäutig und faltig" seien. Das ist aber nicht richtig. Schon Sograff hat 1880 in seiner Arbeit über „Anatomie von Lithobius forficatus" Pleurenstücke nachgewiesen. Leider ist mir diese russische Arbeit unverständlich. Jedenfalls sind aber diese Pleurentheile noch nicht im Zusammenhange mit den Insekten studirt worden.

Hüfte sich vorne befindet *G* und von hier aus nach vorne und oben die zweiästige *Hakenleiste* abgeht, habe ich a. a. O. bereits beschrieben.

Am oberen Ende der Hüften befindet sich nun ein Theil, der nach oben in einen abgerundeten Höcker ausgestülpt ist und hinsichtlich seiner Zugehörigkeit zur Hüfte zweifelhaft sein könnte. Thatsächlich erscheint er (*Cpl*) auf den ersten Blick wie ein Hüfttheil, aber eine genauere Prüfung lehrt, dass er *deutlich von der Hüfte abgesetzt* ist. Vorne nämlich hängt er nur durch ein kleines Bändchen (Abbildung 2 *f*) mit der Hüfte zusammen, während er hinten durch ein oder zwei längliche Chitinstränge *e* damit verbunden ist. Ich betrachte diesen Theil als ein Pleurenstück. Oberhalb desselben und unter dem Tergitseitenrande giebt es noch zwei Pleurenstücke *Apl* und *Kpl*, welche mehr oder weniger sichelartig gebogen sind und hinten ebenfalls durch ein langes Bändchen an den Grund der Hüfte geheftet, übrigens weit von ihr getrennt. *Hinter* diesen sichelartigen Pleuren liegt das *Stigma*, das durch ein Stigmenplättchen *Stp* getragen wird und hinter diesem noch eine kleine Nachstigmenplatte *Stpp*. Endlich bemerkt man noch ein Pleurenstück dicht neben dem Sternit und *vor* der Hüfte, welches durch ein Bändchen einerseits mit dieser, andererseits (*a*) mit der unteren Sichelplatte verbunden ist. (Abbildung 3 *b* zeigt die Verbindung mit der Hüfte, an welcher sich an der Verbindungsstelle bei den hinteren Rumpfsegmenten oft ein Höckerchen *x* befindet.)

Vergleichen wir nun diese geschilderten Verhältnisse mit den obigen der Insekten, so fällt alsbald auf, dass auch hier, von den Stigmenplättchen und Nachstigmenplättchen, welche bei den obigen Gruppen fehlen, abgesehen, *vier Pleurenschilder vorhanden sind, die im Wesentlichen dieselben Lageverhältnisse zeigen wie bei Dermapteren und Blattodeen, nämlich zwei cocoxale und zwei ecoxale. Unter den beiden cocoxalen Pleuren ist wieder die untere am Sternit gelegen, also ein Trochantin, die andere vom Sternit abgelegen und oberhalb des Trochantin, also Coxopleure.* Unter den beiden ecoxalen Pleuren, welche die Hüfte nicht berühren, liegt wieder die eine, (Anopleure) über der andern (Katopleure).

Die Chilopoda und zwar besonders die Anamorpha, zeigen sich also auch in der Pleurenbildung als die natürlichen Vorläufer der Hexapoden. Gehen wir von ihnen aus zu den Verhältnissen bei den *Dermapteren* und

Blattodeen, so brauchten sich nur statt der Bändchenverbindungen zwischen Hüfte und cocoxalen Pleuren wirkliche Gelenke ausbilden, die Zwischenhäute noch mehr zu Gunsten der Pleuren verdrängt werden und Coxo- nebst Katopleure so nach vorne neigen, dass die Anopleuren die Coxopleuren berühren. Die Apodemen haben sich wahrscheinlich aus den Bändchen *e* Abbildung 2 entwickelt.

Die Begriffsbestimmungen der genannten vier *Anamorpha*-Pleuren sind also dieselben wie die obigen für *Blattodeen* u. a., nur sind die durch die angegebenen Unterschiede bedingten Einschränkungen zu machen, namentlich in Hinsicht auf die *Gelenke*.

D. Thysanura. (Tafel XIII)

Unsere unzureichenden Kenntnisse über den Thorax und namentlich dessen Pleurentheile zeigen sich nirgends auffallender als bei den Thysanuren. Selbst so gewiegte Kenner dieser Ordnung wie E. Haase und B. Grassi geben über die Pleuren nichts oder fast nichts an und der Mikrothorax ist allen unbekannt geblieben, obwohl er doch, z. B. bei *Lepisma*, eine recht kräftige Bauchplatte aufweist. Auch über die gewöhnlichen drei Thorax-Sternite liegen auffallend geringe Beobachtungen vor.

Im Folgenden berichte ich über Vertreter der Gattungen *Machilis*, *Lepisma* und *Japyx*, während mir *Campodea* nicht zur Verfügung stand. Die auffallend grossen Unterschiede im Thoraxbau der drei genannten Gattungen harmoniren mit andern bedeutenden Unterschieden in andern Organisationsverhältnissen.

Lepisma: Im *Prothorax* schliesst sich diese Gattung den niederen *Pterygoten*-Ordnungen an, denn sie besitzt die vier dort erörterten Pleurenstücke, Kato-, Ano-, Coxopleure und Trochantin. Alle vier stossen mit einem Zipfel bei *Gx* (Tafel XIII Abbildung 1) nahe an einander. Das grosse längliche Sternit besitzt am Ende des vorderen Drittels einen kräftigen Einschnitt *i* jederseits. In diesen Einschnitt greift ein wenig ein kleiner Zipfel der annähernd dreieckigen *Katopleure* (Abbildung 3). An derselben befindet sich eine feine mittlere, innere Leiste. Nach aussen und oben läuft die Katopleure dreieckig aus und ist hier nahezu gelenkartig (Abbildung 2 *Gx*) mit einem unteren Zipfel der Anopleure verbunden. Das

Gelenk wird von feinen Chitinsehnen umgeben. Der *Trochantin* (Abbildung 1 und 3) ist nicht leicht zu beschreiben, erstreckt sich auch länglich von innen nach aussen und unten nach oben. Er bildet einen kleinen aber doch sehr deutlichen Gelenkhöcker zur Aufnahme eines Grübchens der Hüfte und so wird das *innere* Hüftgelenk gebildet (*G* Abbildung 1 und 3). Vorne befindet sich wieder eine innere Längsleiste (*L* Abbildung 1), deren abgerundetes Ende mit einem Ausläufer der Coxopleure ein Gelenk bildet. Die *Coxopleure* besteht aus zwei Abschnitten, einem vorderen und äusserlichen, der mit einigen Tastborsten besetzt ist (*b* Abbildung 1) und einem inneren, mehr endoskelettalen, der unten noch eine Leiste besitzt (*c*), oben aber eine kräftige, bräunliche Gelenkgrube G^1, in welche ein Zapfen der Hüfte eingreift (G^1 Abbildung 4). Hierdurch wird das *äussere* Hüftgelenk gebildet. Eine *Apodeme fehlt jedoch.* Man könnte wohl die schwache Leiste *c* Abbildung 1 als solche betrachten, dann würde sie sich aber doch immer noch von der Apodeme der Pterygoten dadurch wesentlich unterscheiden, dass das Gelenk G^1 von ihr abseits liegt. Die *Anopleure* (Abbildung 1, 3 und 4) liegt oberhalb der Coxopleure, bildet mit der Katopleure durch einen unteren Zipfel das schon geschilderte Gelenk und ist durch Bindefasern auch mit der Dorsalplatte verknüpft (*p* Abbildung 1). Sie besteht vorne aus einem ohrartigen Lappen (*Apl.* Abbildung 3 und 4) und hinten einem sich daran anschliessenden, leicht gebogenen Balken *d*, der unten ebenfalls eine Längsleiste *d* besitzt, die kräftiger ist als die der Coxopleure.

Im Wesentlichen stimmen also die Prothorakalpleuren von Lepisma mit denen der Dermapteren und Blattodeen überein, doch fehlen typische Apodemen ebenso wie Furcula-Arme. Immerhin liessen sich von solchen Pleuren diejenigen der *Pterygoten* ableiten, *zumal Trochantin und Coxopleure die erforderlichen Hüftgelenke bilden*, aber wir werden sehen, dass *nur Lepisma* und *auch* diese *nur am Prothorax* solche anknüpfende Verhältnisse aufweist.

Meso- und *Metathorax* sind einander *so ähnlich* gebildet, dass ich sie als gleichartig behandeln kann, vom Prothorax dagegen weichen sie ausserordentlich stark ab. Die Sternite besitzen jederseits eine endoskelettale Leiste, *k* Abbildung 5 Tafel VII) welche hinten in einem Winkel zusammenstossen und gemeinsam ein **V** bilden. Der Gedanke liegt nahe, dass wir hier eine Furcula-Bildung vorliegen hätten, aber das ist nicht der Fall, weil

die Arme der Furculae der Pterygoten frei gegen die Pleuren enden, hier aber die Leisten auf die Hüfte losgehen. Ich nenne sie deshalb *Kantengabel* (*costa furcillata*). Das vordere Ende jedes Armes der Kantengabel setzt sich in Gestalt eines *Fortsatzes f* über die abgerundete, seitliche Vorderecke des Sternit hinaus fort. Weiter aussen legt sich derselbe annähernd bogenförmig nach hinten und vor dem Grunde der Hüfte her und bildet hinten zwei *Zapfen* (cardines) *α* und *β*, welche *zwei Gelenke* für die Hüfte herstellen. In der Mitte des Fortsatzes bemerkt man eine schräge Nahtlinie und am Metathorax sah ich auch die *Zapfen* gegen einander durch eine Naht abgesetzt. Da nun sonstige Pleurenbildungen, mit Ausnahme eines ovalen Plättchens *Pl* hinter dem inneren Fortsatztheile fehlen, am Prothorax aber die typischen Verhältnisse herrschen, so ist anzunehmen, dass *die Pleurentheile des Meso- und Metathorax einer Verkümmerung anheimfielen* und nur die Reste mit den Endfortsätzen der Kantengabel verwuchsen, sodass Trochantin und Coxopleure nur noch in den Zapfen *α* und *β* angedeutet sind. *Vorplatten* der Sternite giebt es an Pro-, Meso- und Metathorax in Gestalt zweier schmaler, querer Bälkchen (*stb* Abbildung 1, 3 und 5) welche seitlich vor dem Prosternum wenig auffallend sind, vor Meso- und Metathorax aber durch die Tastborsten mehr in die Augen springen. Vor den Fortsätzen der Kantengabel (Abbildung 5) liegen die stark bauchwärts gerückten Stigmen des Pro- und Mesothorax. Ueber den Stigmen befinden sich unmittelbar die Unterzipfel der Tergite. Der *Mikrothorax* ist an Rücken und Seiten nicht ausgeprägt, desto mehr aber durch ein auffallend grosses *Sternit* (Tafel XIII Abbildung 1 und 3), das halb so lang ist wie das Prosternum aber doppelt so breit, übrigens wie dieses reichlich von Porenkanälen durchsetzt und abgesetzt von jenem durch eine deutliche Zwischenhaut.

Japyx: Während der Prothorax von *Lepisma* stark vom Meso- und Metathorax abweicht, sind bei *Japyx* diese 3 Segmente viel ähnlicher gebildet.

Die Sternite sind alle recht gut entwickelt (Tafel VIII Abbildung 1 und 2: *VP*) und ausgezeichnet durch vorne gabelige, Y förmige, endoskelettale Leisten, die mit ihnen verwachsen sind und auch von E. Haase (1889 die Abdominalanhänge der Insekten) sowie B. Grassi in mehreren Theilen

seiner „Progenitori degli Insetti e dei Miriapodi“ angegeben wurden, freilich sehr skizzenhaft, weshalb ich hier etwas genauer darauf eingehe. Ich nenne diese Y förmigen Gebilde, in Uebereinstimmung mit den *Lepismiden*, *Kantengabeln* (costa furcillata), da sie denen jener *homolog sind*, wobei allerdings von den Cardines abgesehen werden muss, denn diese fehlen bei *Japyx*, während Pleurenstücke, wenn auch in zarter Ausbildung, deutlich vorhanden sind. Man kann an der *Kantengabel* unterscheiden den *Stiel* (*b c* Abbbildung 6 Tafel XIII), die *Arme* (*ab*) und die *Gelenke* (*g*). Der *Stiel* ist manchmal der stärkste Theil, der auch jederseits noch eine vorspringende Kante haben kann. Er ragt hinten (Tafel VIII Abbildung 1 *S*) *auch ein gutes Stück über den Sternithinterrand vor.* Die Arme sind gerade oder etwas gebogen *F*, erreichen den Seitenrand nicht weit vom Vorderrande und bilden mit ihrem abgesetzten Ende (F^1 Abbildung 2) einen Gelenkzapfen gegen die Hüfte. Die *Sternite* sind ferner dadurch besonders ausgezeichnet, dass sie nicht nur *Vorplatten* sondern auch *Nachplatten* besitzen (Tafel VIII Abbildung 1 *Hp*). Dieselben sind beide unpaar und ziehen sich quer *bandartig* herüber, in annähernd gleicher Breite. Der Stiel der Kantengabel ist in der Vorderhälfte theils mit dem Haupttheil des Sternites, theils mit der Nachplatte verwachsen.

Die Pleurenstücke sind von den bisherigen Forschern übersehen worden, was bei deren Zartheit allerdings nicht gerade wunderbar ist. Wir finden aber wieder deutlich *vier Pleurenstücke* (Tafel XIII Abbildung 7), die freilich so sehr *an die Pleuren der Chilopoden* (Anamorpha, Tafel IX) erinnern, wie mir das noch von keinem *Hexapoden* vorgekommen ist, namentlich auch ganz anders wie bei den *Lepismiden*. Nur in der entschieden nach vorne und unten neben das Sternit gerückten *Katopleure* hat sich Japyx den übrigen Insekten genähert. Alle vier Pleurentheile sind zarte, nur mit wenigen Borsten besetzte Plättchen. Kato- und Anopleure sind länglich, liegen fast hinter einander und über Coxopleure und Trochantin. Ueber der Anopleure münden an Pro-, Meso- und Metathorax die länglichen Stigmen. Ein *viertes thorakales Stigmenpaar* ist bereits von Haase und Grassi richtig angegeben und auch in seiner abweichenden *Lage* charakterisirt worden, aber genau ist dieselbe dennoch nicht bekannt gemacht. Sie ist in der That sehr merkwürdig, denn dieses *4. thorakale Stigmenpaar*

liegt, noch im Bereiche des Mesothorax, neben der Nachplatte des Mesosternum, dicht am Seitenrande und nahe am Hinterrande, *kann also als zwischen Meso- und Metathorax liegend bezeichnet werden.* Da nun jedes Segment nur ein Stigmenpaar besitzt, am Pro-, Meso- und Metathorax aber, ebenso wie am 1. Abdominalsegment, die erforderlichen Stigmen vorhanden sind, so bleibt nichts übrig als die Annahme, dass wir es hier mit *Ueberbleibseln eines sonst untergegangenen Thorakalsegmentes* zu thun haben. Soviel ich weiss kommen unter den Hexapoden derartige Stigmen sonst nirgends vor.

Der *Trochantin* ist ein vorne breiteres hinten schmäleres, die *Coxopleure* ein ohrartiges Plättchen, welches aussen und etwas über der Hüfte liegt. *Beide sind durch feine Bandfasern mit der Hüfte verknüpft,* (wie bei *Chilopoden*), *bilden aber keine Gelenke mit ihr.*

Die *Tergite* greifen *weniger* als bei *Machilis* und Lepismiden nach den Seiten herab. Die von mir in Nr. 665 des Zoolog. Anzeigers hinsichtlich eines 4. (mikrothorakalen) Tergites gegebene Deutung theile ich jetzt, nach eingehenderen Untersuchungen an besserem Material nicht mehr, obwohl das sonst über den Mikrothorax Gesagte ganz zurecht besteht. Das Pronotum ist einfach und rundlich. Meso- und Metanotum besitzen dagegen eine quere Vorplatte, die des Mesonotum ist durch Haut, die des Metanotum nur durch eine Naht abgesetzt. Im Uebrigen aber stimmen beide Rückenplatten im Wesentlichen überein. Die dorsalen Nachplatten fehlen. Jede Hauptplatte besitzt jederseits eine innere kräftige Verdickungs*leiste*, welche schräg von hinten nach aussen und vorne zieht. Die Vorplatten besitzen eine *quere*, endoskelettale Leiste, deren äussere Enden sich den Vorderenden der eben genannten Leisten nähern. Der *Mikrothorax* ist auch bei *Japyx* nur als *Sternit* entwickelt, aber mit demselben verbunden ist eine verkümmerte Kantengabel. Dieselbe (Tafel VIII Abbildung 2) hat einen deutlichen, vorne über dem Prosternum befindlichen Stiel *Sx*. Die kleine, mit kurzen Armen versehene, davor gelegene Gabel *F* ist gelenkig gegen den Stiel abgesetzt und liegt gleich vor dem etwas buckelig vortretenden, mittleren Theile des Prosternum. Durch diesen Buckel wird die Vorplatte in zwei Hälften *Vp* getheilt. Das Mikrosternum (*VMi*) selbst ist gut entwickelt und wieder breiter als lang. Auch die mehr gewöhnlich

entwickelten *Hüften* von Japyx stehen in Gegensatz zu den kolossalen und platten der *Lepismiden*, die sehr an die *Blattodeen* erinnern.[1])

Machilis: Hier treffen wir einen Thorax, der sowohl von den *Lepismiden* als auch *Japyx* bedeutend abweicht, was einmal daran liegt, dass der Mikrothorax und die Pleuren fast ganz fehlen, sodann auch an der theilweisen Verkümmerung der Sternite, während die Tergite kapuzenartig in den Seiten herabgreifen.

Am Grunde der länglichen Hüften bemerkt man ein Gebilde, das von B. Grassi in seinen „Progenitori" u. s. w. 1885 und 1888 als „Apodema" angedeutet worden ist, ohne dass man sich jedoch eine klare Vorstellung davon machen kann. Bei Oudemans 1887 habe ich diese Theile ganz vermisst. Am *Metathorax* von *Machilis* (polypoda) kommt ein deutliches einheitliches, aber stark *quer* sich erstrekendes *Sternit* vor. An dessen Hinterecken befinden sich die länglichen Hüften. Innen am Grunde der Hüfte findet man eigenthümliche, *hornartig* gestaltete, endoskelettale Gebilde, die mit der Hüfte aussen ein Gelenk bilden, nach innen aber sich weit erstrecken, deutlich gebogen sind und allmählig verschmälert, bis sie innen spitz enden. Am inneren Ende setzt sich ein kräftiger Muskel an, der in der Mittelebene mit seinem andern Ende befestigt ist, neben dem der andern Körperseite.

Das Sternit des *Mesothorax* ist äusserst schwach und eigentlich nur jederseits deutlich angelegt (Tafel VII Abbildung 8 *P*) denn dort ist die Wandung etwas kräftiger und mit Tastborsten besetzt, während die Mitte häutig zu nennen ist. Die hornartigen Gebilde, welche ich *Muskelhörner* (cornua musculigera) nennen will, sind denen des Metathorax sehr ähnlich. Das Gelenk, welches die Muskelhörner mit den Hüften bilden wird ihrerseits durch einen kleinen mit dem Sternitrande verwachsenen Zapfen dar-

[1]) E. Haase sagt a. a. O. auf S. 424 dass „in den Y förmigen Chitinsehnen von Japyx" „schief nach innen und hinten verlaufende, auf Muskeln zurückzuführende Chitinsehnen" vorlägen „die nach dem Zusammentreffen mit einander noch eine Strecke vereint in das folgende Segment eintreten." Er hat damit den hinteren Theil des Stieles der Kantengabel gemeint. „Chitinsehnen" stellt aber die Kantengabel *nicht* vor, vielmehr sind es ganz besonders ausgebildete Leisten, die durch einen ausgestalteten Theil der Hypodermis gebildet werden müssen.

gestellt, ausserdem durch ein Bändchen *b*. Der genannte Zapfen befindet sich übrigens am Ende einer *Leiste*, die an ihrem dorsalen Ende einen andern Höcker bildet *gd*, *auf welchem das Tergit ruht*. Diese *Leiste* halte ich für *einen mit dem Muskelhorn verwachsenen Rest der im Uebrigen an allen Thoraxsegmenten vollständig verkümmerten Pleurentheile*. Das eigentliche Muskelhorn *ac* ist wieder nach innen gerichtet und läuft spitz aus. Bemerken will ich noch, dass das *Muskelhorn hohl* ist und eine Hauteinstülpung mit fester Wandung darstellt, an deren geschlossenem aber spitzen, inneren Ende sich der genannte Muskel befindet. Wahrscheinlich sind die *Muskelhörner den Armen der Kantengabel homolog*. Am *Prothorax* (Tafel VII Abbildung 11) sind nur noch schwache Sternitreste zu sehen, die Muskelhörner sind massiver und vor ihnen, durch ein deutliches Gelenk *x* abgesetzt, finden sich noch längliche *Bälkchen b*, die vorne geknickt und etwas verdickt sind. Diese Bälkchen halte ich für Reste des *Mikrothorax* und dürften es die Muskelhörner desselben sein oder vielleicht auch Ueberbleibsel der Pleuren.

Bekanntlich besitzen *Mittel-* und *Hinter*beine grosse, längliche, durch Muskeln bewegliche Styli, während solche den Vorderbeinen fehlen, ebenso wie bei *Japyx* und *Lepismiden allen* Beinen.

Die *drei* behandelten *Familien* der *Thysanuren* zeigen nach dem Gesagten *drei ganz verschiedene Entwickelungsrichtungen der Thoraxausbildung*, die aber alle darin übereinstimmen, dass mehr oder weniger starke *Rückbildungen* vorliegen. Die *Thysanuren* sind aber auch in andern Verhältnissen als eine *Verkümmerungsgruppe* unverkennbar, so in der schwachen Körperbeschaffenheit und theilweise auch in der Segmentation des Abdomens, wo das 11. Segment schwächer entwickelt ist als bei vielen niederen *Pterygoten*. Dasselbe gilt für das Telson (Analstück).

Dass die *Thysanuren* wirklich *primär flügellos* sind, geht aus ihrem Thoraxbau deutlich hervor.

Wenn nun auch die Thysanuren unzweifelhaft eine Reihe niederer Hexapoden-Charaktere aufweisen, so kann man sie doch nicht einfach als deren „Progenitori“ bezeichnen, vielmehr sind sie eine Gruppe, die diesen „Progenitori“ näher steht als die **meisten** *niederen Insecta-Pterygota.*

Die Hauptmasse der *Pterygoten* bewegt sich phylogenetisch in starker Entfaltung, die *Thysanuren* aber machen den Eindruck eines kummerhaften und thatsächlich *verkümmernden Restzweiges der flügellosen Ur-Hexapoden.*

Dass aber ein Theil von diesen dennoch nahe Beziehungen zu jenen Formen hat, aus denen die *Pterygoten* direkt entstanden sein müssen, lehrt, in Bezug auf den Thorax, auch *der Prothorax der Lepismiden.*

Erklärung der Abbildungen.

Allgemein gelten folgende Abkürzungen:

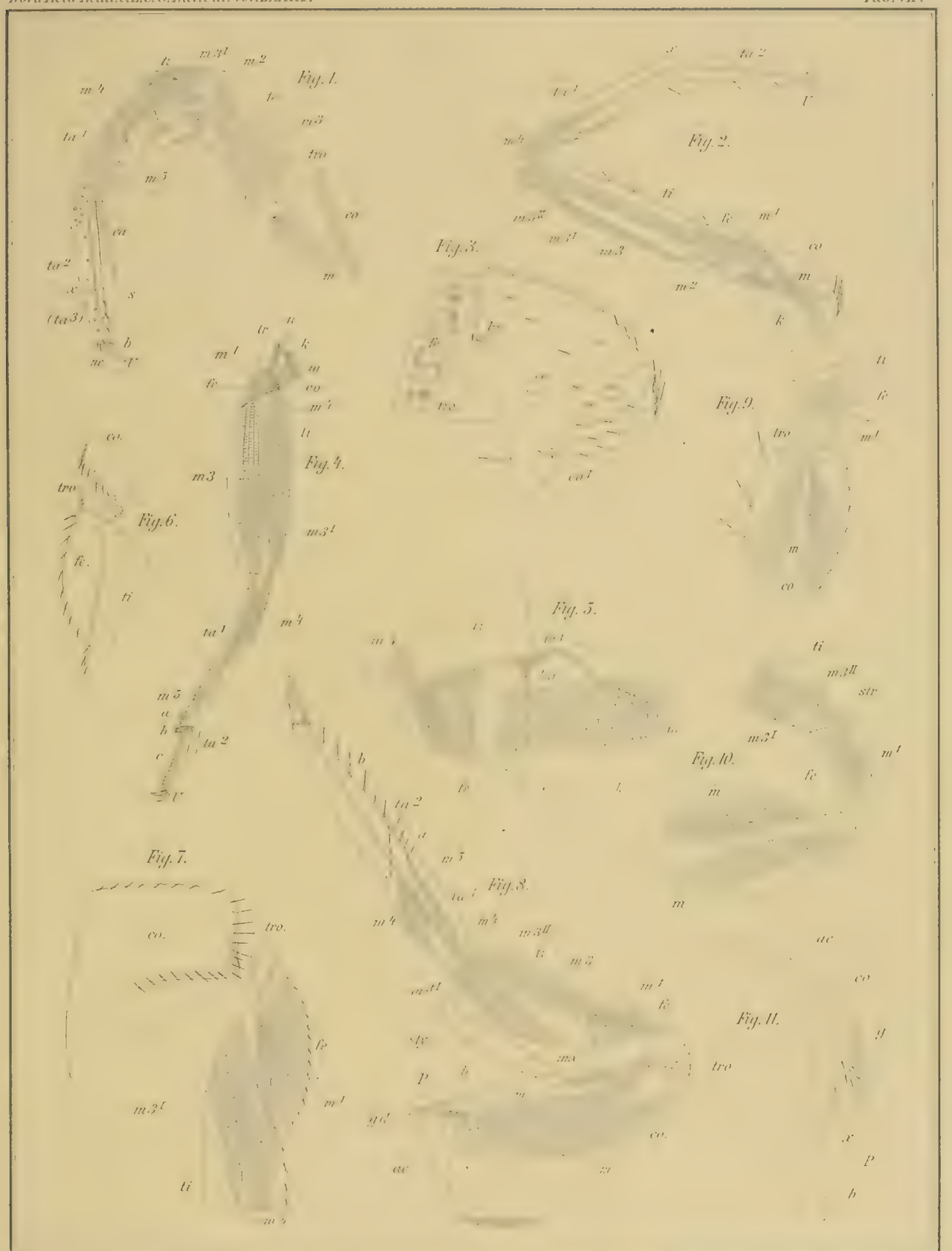
U = Unkus, Kralle,
ta = Tarsus,
ti = Tibia,
fe = Femur,
tro = Trochanter,
co = Coxa,
m = Muskel,
tr = Tracheen,
n = Nerv,
sty = Stylus,
G = inneres | grundwärtiges
*G*¹ = äusseres | Hüftgelenk,
St = Stigma,
D = Dorsalplatte,
Alpl = Alarpleure,
El = Elytre,
sri = Stachelrippe,
H = Zwischenhaut,
Abl = Anopleure,
Kpl = Katopleure,
Cpl = Coxopleure,
Tt = Trochantin,
V = Ventralplatte,
VP = Ventralplatte des Prothorax,
VMi = Ventralplatte des Mikrothorax,
Vp = Vorplatte,
stb = stabartige Vorplatte,
L und *Ll* Leisten,
F = endoskelettale Arme,
* = Flügelanlegungsstellen,
bb = Doppelbürste,
Nr = Nahtrand,
Ar = Aussenrand.

Tafel VII.

Tafel VII.

Laufbeine von

1 *Lithobius microps,*
2 und 3 *Orchesella sp.* (*k* = innere einschnürende Kante,
4 und 5 *Apachyus Reichardi,*
6 und 7 *Rhagonycha fulva,*
8 *Machilis sp.* (*gd* = Gelenkstelle mit dem Tergit) Mesothorax,
9 *Nicoletia sp.* (von Fiume),
10 *Cynips sp.* (*str* = Striktum oder Schnürstück),
11 *Machilis sp.* (Vorderbein).



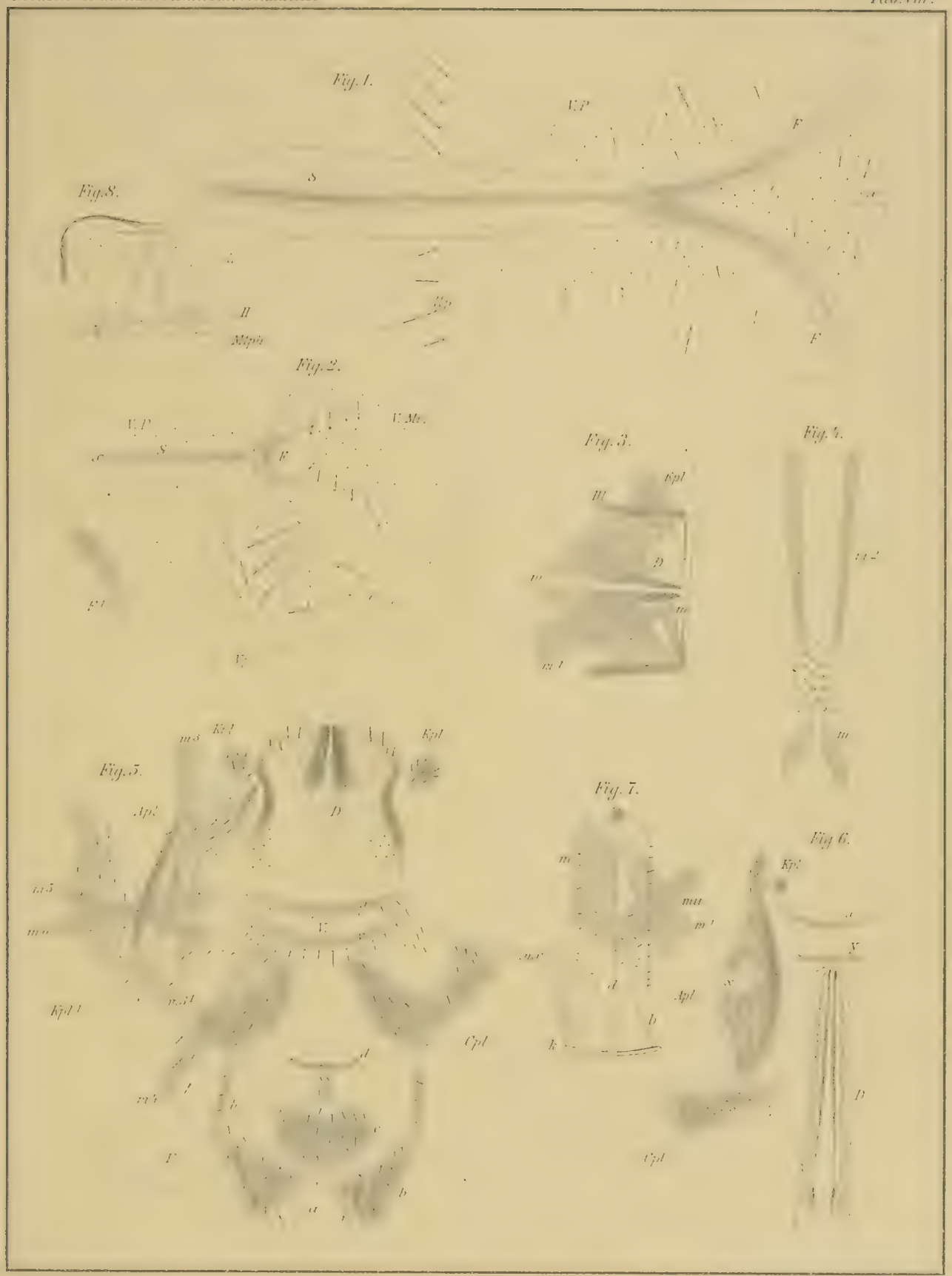
K. Verhoeff n. d. Nat. gez. Lith. Anst. Julius Klinkhardt, Leipzig

Karl W. Verhoeff: Thorax der Insekten. Taf. 1.

Tafel VIII.

Tafel VIII.

1 und 2 *Japyx sp.* (aus Neuseeland),
1 prothorakales Sternit,
2 der grössere Theil des Mikrosternum und Stück des Prosternum.
3—5 *Ectobia livida.*
3 Nackenpartie, *Hl* = Leisten am Hinterhauptsloch,
4 Nackenmuskeln.
5 Mikrothorax und Theile des Prothorax (die eingetragenen Muskeln sind absichtlich schmäler gezeichnet als in natura, um das Bild deutlicher zu gestalten),
6 *Monachoda sp.* aus Brasilien, Theile des Mikrothorax,
7 *Phyllodromia germanica*,
Vollständiges Tergit des Mikrothorax, nebst Muskeln und endoskelettalen Bälkchen *kb*,
8 *Ectobia livida.* Metanotum.
H = Wärzchengruppen, *L* = endoskelettale Leisten, *Mtph* = Andeutung eines Metaphragmas.

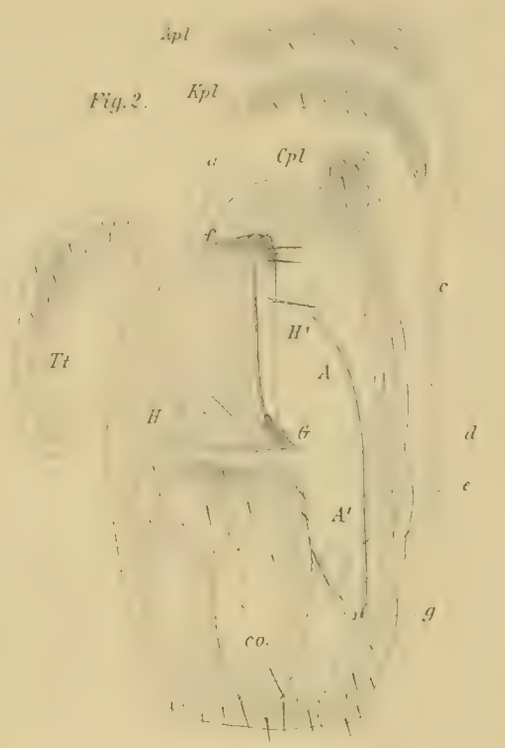


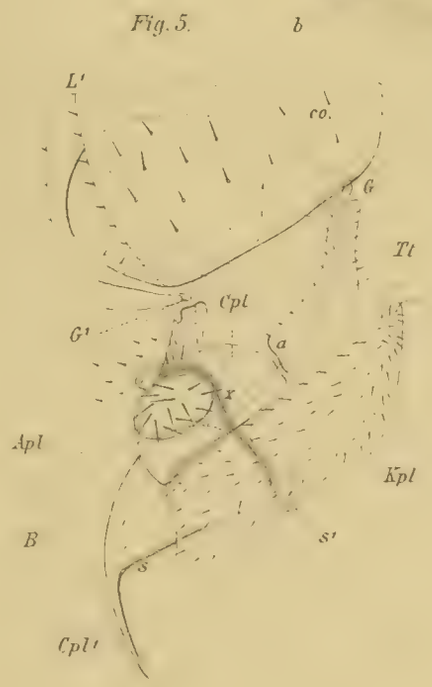
Karl W. Verhoeff: Thorax der Insekten. Taf. 2.

Tafel IX.

Tafel IX.

1—3 *Lithobius forficatus.* Hüften und Pleurentheile:
1 und 2 nach einem der mittleren, 3 nach einem der hinteren Rumpfsegmente,
4 und 5 *Phyllodromia germanica.*
4 Pleurenstücke und Theile einer Hüfte und des Sternit des Mesothorax,
5 Pleurenstücke des Prothorax und Theil einer Hüfte.



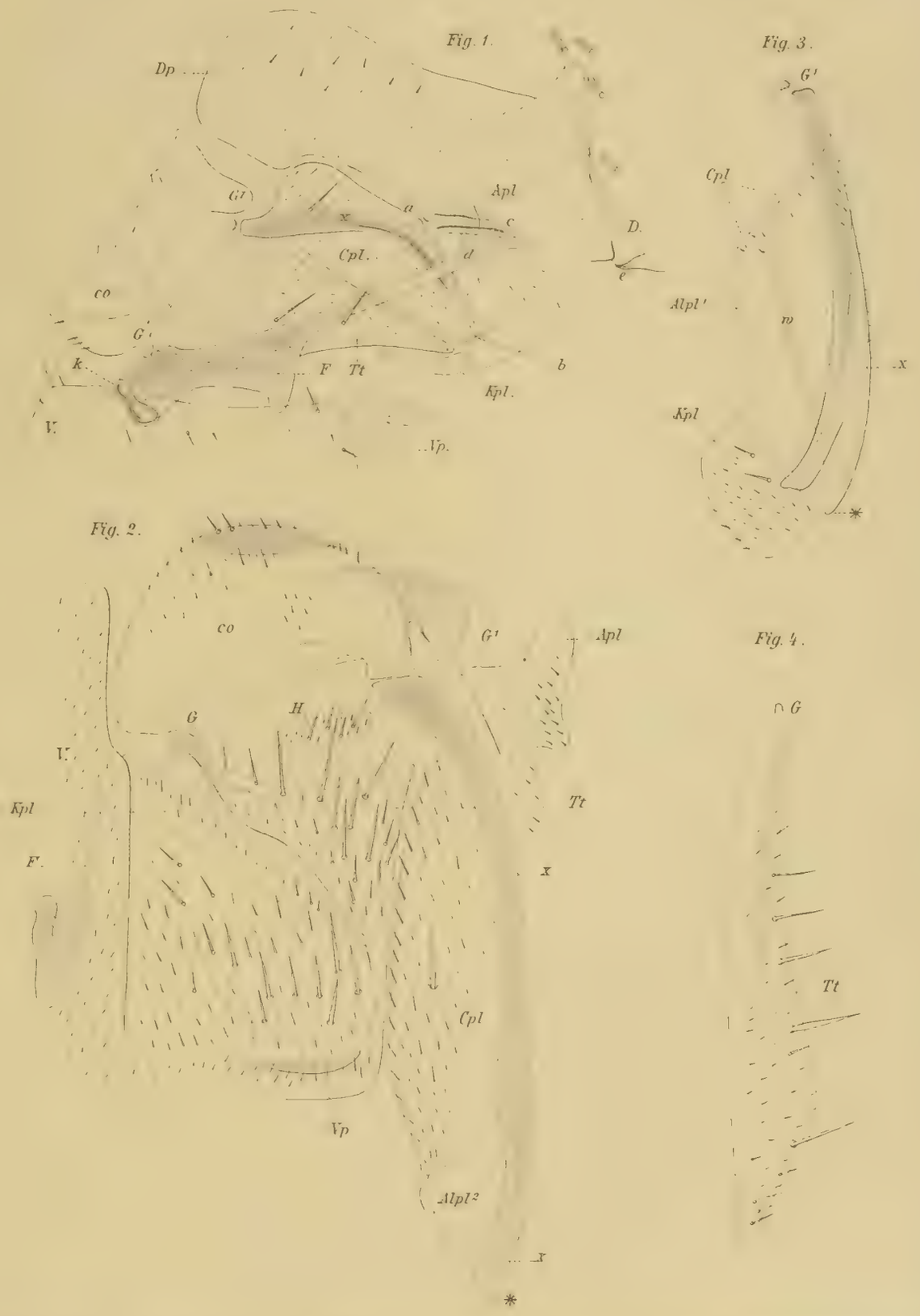


Karl W. Verhoeff: Thorax der Insekten. Taf. 3.

Tafel X.

Tafel X.

1—4 *Echinosoma occidentale* Borm.
1 Prothoraxpleure,
2 Metathoraxpleuren,
3 Mesothoraxpleuren (theilweise),
4 Trochantin des Mesothorax.



K. Verhoeff n. d. Nat. gez.

Lith. Anst. Julius Klinkhardt Leipzig

Karl W. Verhoeff: Thorax der Insekten. Taf. 4.

Tafel XI.

Tafel XI.

1—5 *Anisolabis moesta.*
1 Mesothoraxtheile, x = Apodeme.
2 Prothoraxpleuren,
3 Metathoraxpleuren,
4 Mesonotum,
5 Metanotum.
6—8 *Echinosoma occidentale.*
6 Mesonotum nebst Phragmen. *Pph* = Paraphragma.
7 Leisten und Doppelbürste des Metanotum,
8 Metanotum nebst Pseudonotum *Psno* und 1. Abdominaltergit. z = innere Flügelzipfel.

Fig. 1

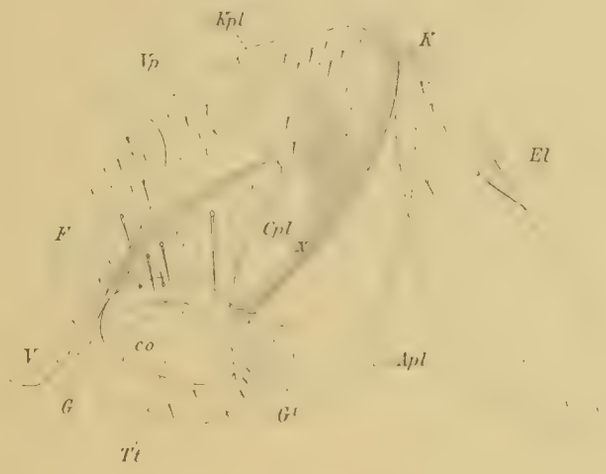


Fig. 2

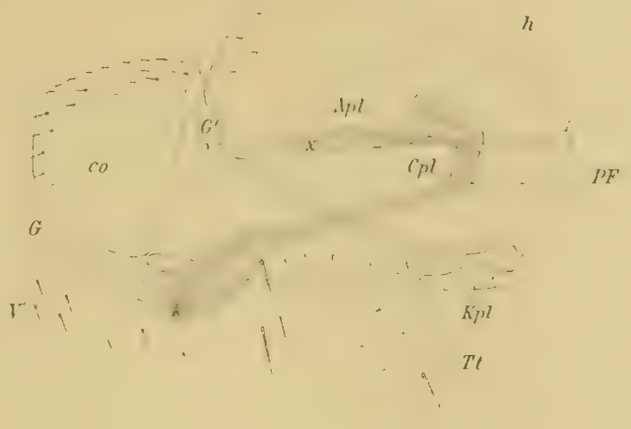


Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

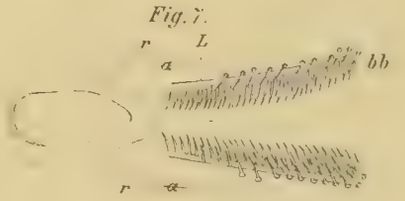
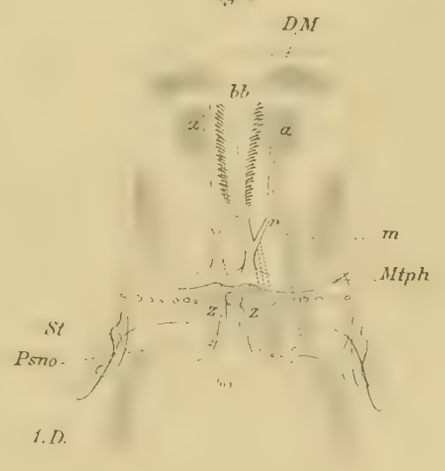


Fig. 8.



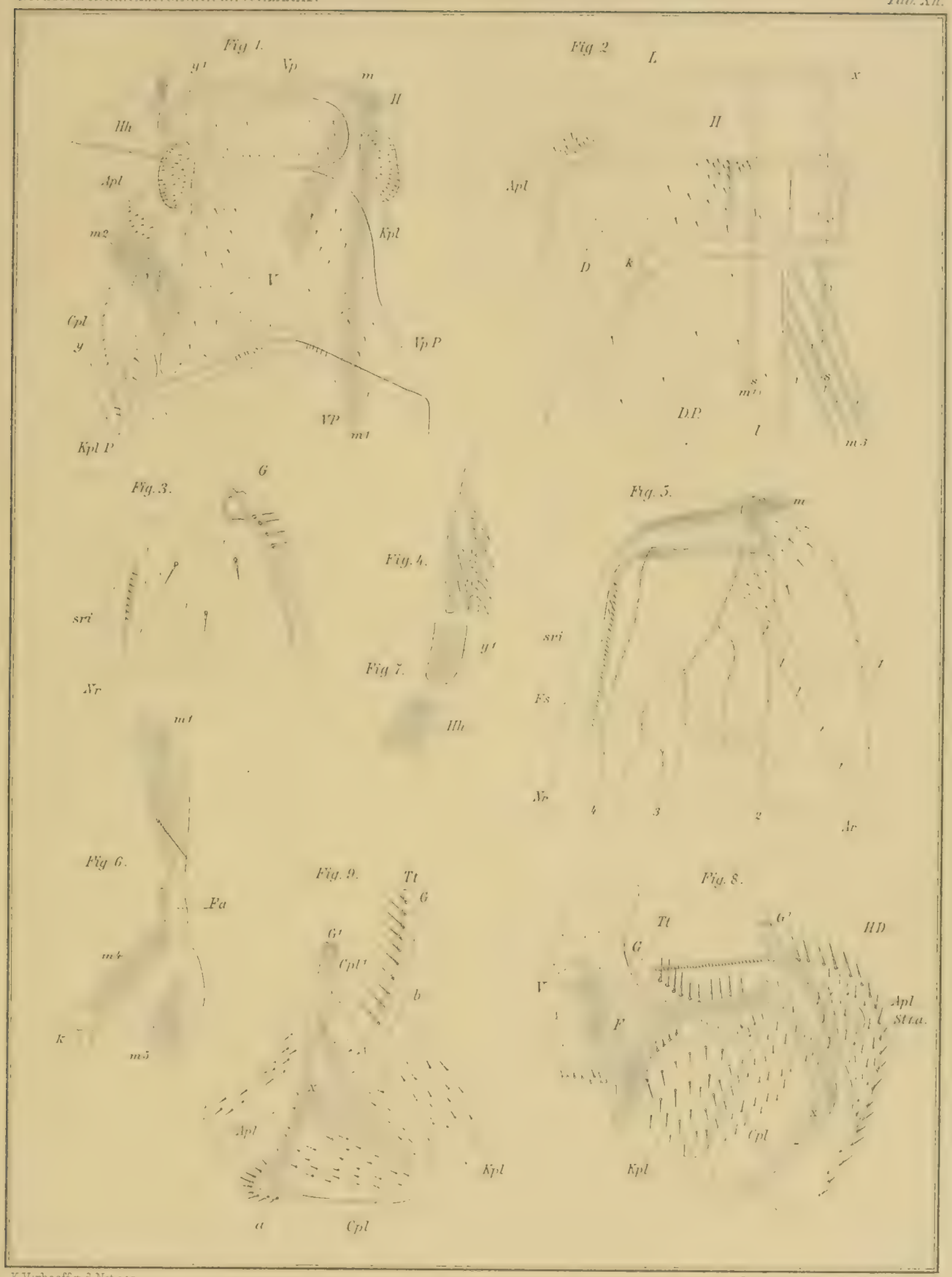
Lith. Anst. Julius Klinkhardt, Leipzig

Karl W. Verhoeff: Thorax der Insekten. Taf. 5.

Tafel XII.

Tafel XII.

1 und 2 *Apachyus Reichardi.*
Mikrothorax und vorderes Stück des Prothorax auseinandergebreitet. *Hh* = Hinterhaupt, *l* = Mittelleiste, *k* = Querleiste, *s* = Chitinsehnen.
3 *Diplatys Raffrayi,* Grundhälfte der Elytre. *G* = Gelenkzapfen.
4 und 5 *Forficula auricularia.*
4 vorderes Stück einer Stachelrippe.
5 Grundhälfte einer Elytre. *m* = Grundmuskel, *Fs* = Flügeldeckensäulen. 1, 2, 3, 4 = Haupttracheen.
6 und 7 *Apachyus Reichardi.*
6 Hälfte des Prosternum,
7 ein Hinterhauptgelenk.
8 und 9 *Hemimerus talpoides.*
8 Hälfte des Metathorax.
9 Mesothoraxpleuren.



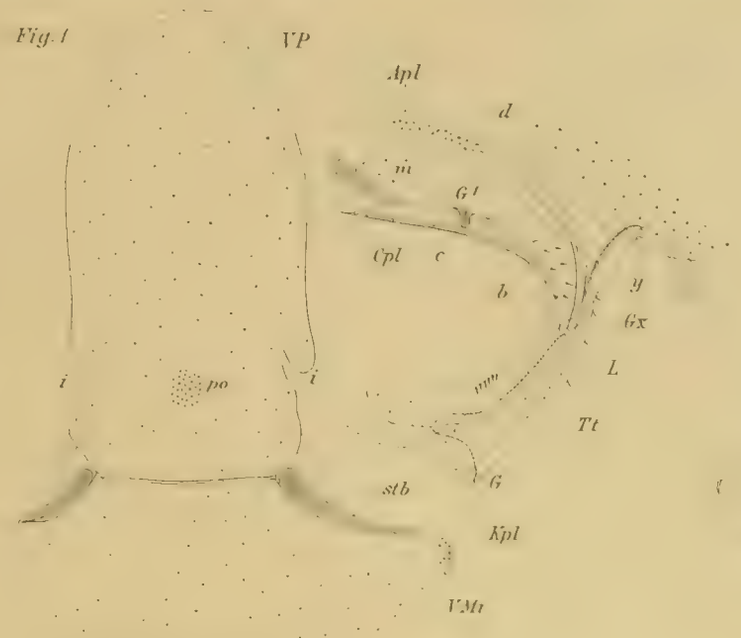
K. Verhoeff n. d. Nat. gez
Lith. Anst. Julius Klinkhardt, Leipzig

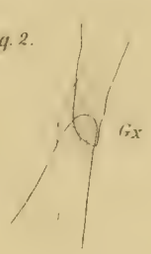
Karl W. Verhoeff: Thorax der Insekten. Taf. 6.

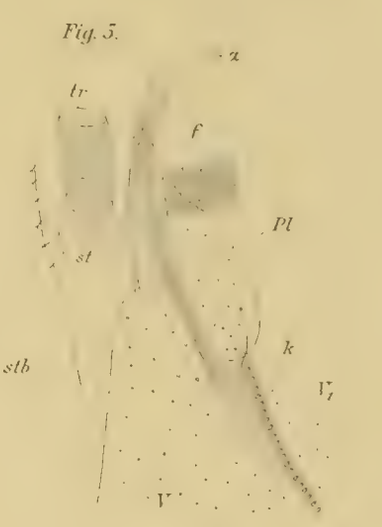
Tafel XIII.

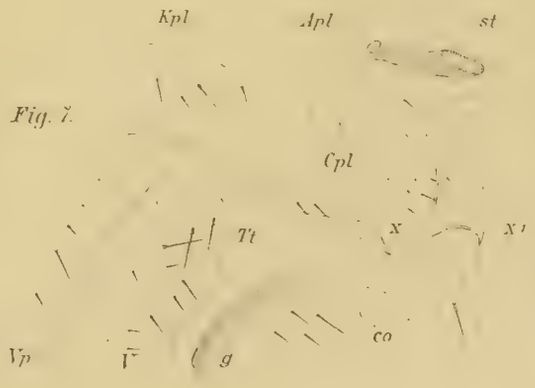
Tafel XIII.

1—5 *Lepisma sp.* (von den Yap-Karolinen),
1 Prothorax ausgebreitet und Mikrosternum,
2 Gelenkverbindung zwischen Kato- und Anopleure,
3 Prothoraxpleuren und Nachbartheile,
4 an die Hüfte anschliessende Pleurentheile des Prothorax,
5 Mesothorax, Seite des Sternit, Stigma und Hüftstützen. *k* = Kantengabel-Leiste.
6 *Japyx africanus* Karsch Mesosternum mit Kantengabel *abc*,
7 *Japyx sp.* (von Neuseeland).
Pleuren des Metathorax und anstossende Stücke von Hüfte, Sternit und Vorplatte.









K. Verhoeff n. d. Nat. gez
Lith. Anst. Julius Klinkhardt, Leipzig.

Karl W. Verhoeff: Thorax der Insekten. Taf. 7.

NOVA ACTA.
Abh. der Kaiserl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher
Band LXXXI. Nr. 3.

Die Gyldén'sche horistische Integrationsmethode des Problems der drei Körper und ihre Convergenz.

Von

Dr. Hugo Buchholz
Privatdocent an der Universität Halle a. S.

Eingegangen bei der Akademie am 15. December 1902.

HALLE.
1903.
Druck von Ehrhardt Karras, Halle a. S.

Für die Akademie in Commission bei Wilh. Engelmann in Leipzig.

Vorwort.

Bereits in meinen Untersuchungen über die Bewegung vom Typus $^2/_3$ im Problem der drei Körper habe ich in der Vorrede auf die fundamentale Bedeutung von Gyldén's horistischer Integrationsmethode hingewiesen, die, wie dort hervorgehoben, Gyldén selbst als einen entscheidenden Fortschritt gegenüber allen seinen zuvor gebrauchten Verfahren bezeichnet.

In diese letzte Methode Gyldén's wurde ich durch den Direktor der russischen Hauptsternwarte Pulcova, Seine Excellenz Hrn. Geheimen Staatsrath Backlund gütigst eingeführt, den hervorragenden Schüler und Mitarbeiter Gyldén's und Herausgeber von dessen wissenschaftlichen Nachlass, dem ich an dieser Stelle für seine unschätzbaren Aufschlüsse meinen tiefsten Dank ausspreche. Gleichzeitig möchte ich mir erlauben, Seiner Excellenz, dem Herrn Staatsminister Dr. Studt für die zu der Reise nach Russland gütigst gewährten Mittel ganz ergebenst zu danken.

Die bereits von Hrn. Backlund unter Mitwirkung der HH. Ivanoff und v. Zeipel reconstruirten, von Gyldén selbst nicht gegebenen Zwischenrechnungen seines ganzen complicirten Verfahrens, die einen Theil der folgenden Darstellung bilden, führte ich während meines Aufenthaltes in Pulkova zur Controle noch einmal vollständig durch. Mit diesen Studien, durch die ich zunächst das Feld meiner eigenen wissenschaftlichen Arbeiten zu erweitern strebte, verfolgte ich noch ein anderes, höheres Ziel. Es war das Ziel, die Lebensarbeit des Verstorbenen, die in der horistischen Methode gipfelt, gegen einen jüngst erfolgten Angriff zu vertheidigen, der dieser letzten, theoretisch bedeutsamsten Errungenschaft von Hugo Gyldén jeden wissenschaftlichen

Werth abspricht, sie direct als falsch hinstellt und vor ihrer weiteren Anwendung warnt.

Als nämlich Herr Backlund vor zwei Jahren mit dem Versuch einer Anwendung von Gyldén's letzter Methode zur Neubehandlung des Präcessionsproblems begann und dabei von den Stockwell'schen auffällig abweichende Werthe erhielt, schloss Herr Poincaré eine Besprechung der Backlund'schen Abhandlung in den Comptes rendus[1]) mit der folgenden, gegen die Gyldén'sche horistische Methode direct gerichteten Kritik:

„La critique qui précède ne saurait, en aucune façon, s'adresser à notre savant correspondant, *puisqu'il n'a fait qu'appliquer une méthode classique que tout le monde croyait correcte.*

„*Mais c'est là une raison de plus pour que j'aie cru devoir mettre en évidence le vice fondamental de la méthode de Gyldén, dont on pourrait être tenté de faire d'autres applications.*

„*Il est singulier que Gyldén soit tombé dans cette erreur, puisqu'il avait lui-même intégré les équations* (1 bis) *et* (2)."

$$(1\text{ bis})\quad \frac{d^2 v_0}{dt^2} = a \sin (nt + v_0)$$

$$(2)\quad \frac{d^2 \varepsilon}{dt^2} = a\varepsilon \cos (nt + v_0) + b \sin pt.$$

Diese Beurtheilung des Herrn Poincaré stellte Herr Backlund sogleich wie folgt richtig[2]):

„Je vous suis très reconnaissant pour avoir appelé l'attention sur l'erreur commise dans ma Note sur la précession. . . .

„*Cette erreur élémentaire m'appartient exclusivement.*

„Dans votre Note vous considérez l'équation:

$$\frac{d^2 \varepsilon}{dt^2} = a\varepsilon \cos (nt + v_0) + b \sin pt.$$

Gyldén considère au début des approximations l'équation:

$$\frac{d^2 \varepsilon}{dt^2} = a\varepsilon \cos (nt + v_0) - \frac{1}{2} a\varepsilon^2 \sin (nt + v_0) - \frac{1}{6} a\varepsilon^3 \cos (nt + v_0) + b \sin pt$$

[1]) Comptes rendus. Séance du lundi 14 Janvier 1901. Mécanique céleste. Sur la théorie de la précession. Note de M. H. Poincaré.

[2]) Comptes rendus. Séance de lundi 11 février 1901. Mécanique céleste. — Sur la précession; extrait d'une Lettre de M. O. Backlund à M. Poincaré.

et parvient à déterminer ν_0^2 dans

$$-\frac{b}{\nu_0^2+p^2}\sin pt.$$

„La valeur de ϱ_0^2 ainsi déterminée est évidemment beaucoup plus petite que

$$\frac{a^2}{2n^2}.$$

„*Gyldén dit expressément qu'il est même inutile, pour la détermination de* ϱ_0^2, *de partir de l'équation, où l'on a négligé la deuxième et la troisième puissance de* ε. *C'est justement ce que vous avez démontré.*

„Je serais très reconnaissant, si vous vouliez bien faire insérer ces lignes dans les Comptes rendus. Je le dois à la mémoire de Gyldén."

Hierauf hat Herr Poincaré nichts erwidert.

Neuerdings noch ist Herr Backlund in einer kurzen Notiz im bulletin astronomique[1]) auf die Frage zurückgekommen:

„Assisté par MM. Ivanoff et Zeipel, j'ai refait les calculs de Gyldén dans les „Nouvelles recherches" et poussé l'approximation plus loin que ne l'avait fait Gyldén. *Le résultat*[2]) *confirme les conclusions de Gyldén.* Mais, comme ces calculs sont *extrêmement compliqués,* il est très risqué de dire que la question est tranchée par ce résultat. Il est donc fort désirable de la regarder d'un autre point de vue et, s'il se peut, de décider si la forme de Gyldén est légitime ou non, c'est-à-dire si ν^2 est différent de zéro, ou nécessairement égal à zéro. D'après Gyldén, ν^2 est au moins du quatrième ordre par rapport aux forces perturbatrices." —

Ich will versuchen, in der vorliegenden Abhandlung eine eingehende Darstellung der Gyldén'schen horistischen Integrationsmethode und damit eine ausführlichere Rechtfertigung der wichtigsten Methode des Verstorbenen gegen Herrn Poincaré's unbegründete Verwerfung derselben zu geben.

---

[1]) Bulletin astronomique. T. XIX, Décembre 1902. Remarques sur la méthode de Gyldén pour déterminer les termes élémentaires a longues périodes; par M. O. Backlund.

[2]) O. Backlund: Ueber eine horistische Differentialgleichung Gyldén's. Extraits du bulletin de l'Académie de Saint-Pétersbourg, Nr. 1 et 3, 1902.

Bei den späteren Versuchen, die Methode zu vereinfachen, und bei der, rechnerischen Zwecken dienenden Bestimmung horistischer Coefficienten in einigen bestimmten Fällen war Gyldén allerdings weniger glücklich. Die stattgefundenen Versehen bei diesen nicht abgeschlossenen Versuchen, über denen der Tod ihn ereilte, betreffen nicht die Methode. —

Die Entstehungsgeschichte von Gyldén's „Nouvelles recherches" die mit gewissen Vorgängen eng zusammenhängt, unter Umständen zur öffentlichen Kenntniss zu bringen, behalte ich mir vor.

Gyldén, der seine horistische Integrationsmethode und damit eine Lösung des Problems der drei Körper durch ein convergentes Integrationsverfahren seiner Ueberzeugung nach zu jener Zeit bereits besass, sie aber erst in ihrer Anwendung auf die grossen Planeten in seinem Hauptwerk, den Orbites absolues mitzutheilen beabsichtigte, sah sich durch jene Vorgänge damals schon zu ihrer Veröffentlichung gedrängt. So schrieb Gyldén seine „Nouvelles recherches",[1]) gewaltsam der natürlichen Entwickelung vorgreifend, ohne den astronomischen Zusammenhang anzuführen, mit Weglassung schwierigster Bindeglieder der Betrachtung, nur die allgemeine mathematische Theorie unter Bezugnahme auf seine früheren Arbeiten sciззirend. —

Hieraus ergiebt sich die objective Aufgabe, die der kritischen Nachprüfung der „Nouvelles recherches" gesteckt ist. Gyldén war selbst hierüber nicht im Unklaren. Sagt er doch in einer Abhandlung vom Jahre 1893 (deren schwedischen Text ich mir hier zu übersetzen gestatte)[2]): „In meiner Abhandlung „Nouvelles recherches etc." habe ich allerdings schon diese Fragen zu behandeln gesucht und bin auch der Meinung, dort den Beweis für die Sätze erbracht zu haben, die hier einer neuen Prüfung unterzogen werden sollen; aber ich muss doch willig zugestehen, dass das Resultat erst durch eine äusserst beschwerliche Rechnung dort erhalten

[1]) H. Gyldén. Nouvelles recherches sur les séries employées dans les théories des planètes. Acta Mathematica, XV, 1891, 65; XVII, 1892, 1.

[2]) H. Gyldén. Öfversigt af Kongligen Vetenskaps-Academiens Förhandlinger 1893 Nr. 6 Stockholm.

wird, so dass eine Kritik desselben eine in keiner Beziehung leichte oder einladende Aufgabe bietet."

Die folgende Darstellung unternimmt es, dieser Aufgabe den Weg so viel wie möglich zu bahnen. Wer Gyldén's horistische Integrationsmethode einer Nachprüfung unterzieht, muss sich zunächst gleichgültig dagegen verhalten, ob sich sein Ergebniss der Methode günstig oder ungünstig erweist. Nur dann aber wird eine solche Untersuchung der Wissenschaft wahrhaft nützen, wenn sie aus gründlichem Studium der Gyldén'schen Arbeiten und dem aufrichtigen Bestreben hervorgeht, dem Geiste des hervorragenden Astronomen gerecht zu werden. —

Zum Schluss möchte ich mir erlauben, dem Präsidenten der Academie, Herrn Geheimrath von Fritsch und dem Vicepräsidenten, Herrn Professor Wangerin aufrichtig dafür zu danken, dass sie das Bild von Gyldén zu dessen Gedächtniss meiner Abhandlung beizufügen so gütig waren. —

Halle a. S., im Januar 1903.

Der Verfasser.

Hugo Gyldén

Inhalts-Uebersicht.

Seite

I. Vorbemerkungen 4

II. Ableitung der Gyldén'schen Differentialgleichungen des Problems der drei Körper in ihrer allgemeinsten Form 16

III. Die Lösung der allgemeinen Gyldén'schen Differentialgleichungen des Problems der drei Körper mittelst der horistischen Integrationsmethode 35

A. Die Bestimmung der wahren Länge in der Bahn 35

B. Die Bestimmung des Radius vector 67

IV. Zusammenstellung 76

I.

Vorbemerkungen.

Zu einer möglichst befriedigenden genäherten Lösung der allgemeinen Differentialgleichungen der relativen Bewegung — deren exacte Integration mit den Hilfsmitteln der heutigen Mathematik nicht durchführbar ist — stehen der Astronomie bekanntlich zwei verschiedene Gattungen von Störungsmethoden zu Gebote. Erstens die drei verschiedenen Methoden der speciellen Störungen von Lagrange, Encke und Hansen, nach denen man von einem bestimmten Punkt der Bahn und einem bestimmten Datum ausgehend, den Betrag der Störungen mittelst mechanischer Quadraturen rein numerisch von Zeitabschnitt zu Zeitabschnitt nur für ganz beschränkte Zeitintervalle berechnet. Diese Methoden liefern also keine allgemeinen Formeln, hingegen für kurze Zeiträume genauere Resultate, als die zweite Gattung von Integrationsmethoden der allgemeinen Differentialgleichungen der planetarischen Bewegung, die analytischen Störungsmethoden dies thun, falls bei diesen nicht sehr viele Glieder berücksichtigt werden. Die Möglichkeit mittelst mechanischer Quadraturen die Störungen für jeden kleinen Planeten sehr genau berechnen zu können, hat natürlich grossen Werth, auch dann, wenn man sich Aufgaben stellt, wie z. B. die Berechnung der Jupitermasse aus den Störungen eines kleinen Planeten etc., wo man dann letztere sehr genau kennen muss. Die analytischen Störungsmethoden hingegen vermögen praktisch nur in einfacheren Fällen, nicht aber bei den complicirten Commensurabilitätstypen der kleinen Planeten ebenso genaue Werthe wie die Theorien der speciellen Störungen zu ergeben; wohl aber solche, die ein Wiederfinden des Planeten mit dem Fernrohr ermöglichen. Indess ist es rein wissenschaftlich betrachtet ein unleugbarer Vorzug der analytischen Störungsmethoden, dass sie — abgesehen davon, dass man durch sie die Störungen für längere Zeiträume

ermittelt als durch specielle Störungen — zugleich einen tieferen Einblick in den Charakter der Bewegung ergeben, indem sie z. B. Aufschluss über die Perihelbewegungen, die Grenzen innerhalb deren sich die Excentricitäten bewegen etc. geben, was die speciellen Störungen nicht vermögen. Hören wir indess, wie Gyldén, der sich die Aufgabe stellte, die analytischen Störungen durch ein convergentes und daher unbeschränkt gültiges Integrationsverfahren zu ermitteln, die Methoden der speciellen Störungen und die analytische Behandlungsweise des Störungsproblems durch seine grossen Vorgänger Laplace, Le Verrier und Hansen, selbst in Kürze charakterisirt.

„Was die Methode betrifft, durch welche der relative Betrag der Störungen mittelst mechanischer Quadraturen erhalten wurde, so muss zunächst anerkannt werden, dass die Astronomie ihr zu allergrösstem Dank verpflichtet ist; mit ihrer Hülfe gelang es nicht nur, den Lauf der bereits entdeckten Planeten zu verfolgen, sondern auch die Masse des Jupiter mit einem erheblichen Grad von Annäherung aus den beobachteten Bewegungserscheinungen dieser Himmelskörper zu bestimmen. Dass indessen die Genauigkeit bei derartigen Bestimmungen eine beliebig grosse sein kann, will ich allerdings nicht behaupten; es lassen sich im Gegentheil Gründe dafür angeben, dass die so zu erreichende Annäherung immer eine begrenzte sein muss, wenn auch in vielen Fällen eine sehr grosse. Diese Unvollkommenheit ist nicht nur für die Methode der speciellen Störungen eigenthümlich; sie haftet vielmehr einer jeden Methode an, bei welcher, offen oder versteckt, Entwickelungen nach Potenzen der Zeit zugelassen werden."

„Obwohl also diese Methode sich vieler Vorzüge erfreut und jedenfalls noch viele Anwendungen finden wird, so ist sie andererseits nicht ohne wesentliche Nachtheile. Sie ist auch wohl nur mehr als ein Nothbehelf anzusehen und dürfte nicht auf den Rang einer wirklich wissenschaftlichen Methode Anspruch machen können; denn bei einer solchen muss die Bedeutung und Tragweite einer jeden bei ihr vorkommenden Operation anschaulich gemacht werden können, was bei einem bloss mechanischen Verfahren nicht möglich ist. Die Einwände, die gegen diese Methode überdies gemacht werden können, brauche ich hier nicht zu recapituliren; sie sind bereits zur Genüge von Hansen hervor-

gehoben in seiner Schrift: „Ermittelung der absoluten Störungen in Ellipsen von beliebiger Excentricität und Neigung", ja, man gewinnt fast den Eindruck, als ob Hansen die praktische Bedeutung derselben sogar unterschätzt hätte." —

„Auf den ersten Blick scheint die von Hansen besonders für die Berechnung der kleinen Planeten eingeführte Methode nicht viel Gemeinsames mit der von Le Verrier in Anwendung gebrachten zu haben. Die Entwickelungsart der Störungsfunction ist bei beiden Gelehrten grundsätzlich verschieden. . . . Die Verschiedenheit der beiden erwähnten Methoden ist indessen nicht so bedeutungsvoll, wie man zu glauben geneigt sein könnte. Denn diese Verschiedenheit erstreckt sich nur bis zur Integration der Differentialgleichungen. Diese Gleichungen werden zwar verschieden gefunden, aber bei ihrer Integration wird beiderseits das Princip zu Grunde gelegt: Consequent durchgeführte Entwickelungen nach Potenzen der störenden Kräfte. . . . Nun weiss man aber nach neueren Untersuchungen, dass eine consequente, nach den Potenzen der störenden Kräfte geordnete Entwickelung der Planetenungleichheiten, nie im strengen Sinne statthaft ist; es treten nämlich stets früher oder später kritische Ungleichheiten auf, d. h. solche, deren Coefficienten, in Folge des erwähnten Entwickelungsmodus durch divergente Reihen gegeben werden. Hieraus folgt, dass sowohl das von Hansen angewandte Integrationsverfahren als auch das Le Verrier'sche, welche beide, ebenso wie die Mehrzahl der übrigen angewandten Methoden im Grunde identisch sind, streng genommen der wissenschaftlichen Berechtigung entbehren. Alle diese Methoden können aber trotzdem eine ausgedehnte und nützliche Anwendung finden, wenn man nur rein numerische Resultate erstrebt. Der wirkliche Betrag der kritischen Ungleichheiten kann nämlich so klein sein, dass man ein genähertes aber doch praktisch hinlänglich genaues numerisches Resultat erhält, wenn man dieselben überhaupt gar nicht berücksichtigt, und in einem solchen Falle wäre es erlaubt, die Entwickelungen in consequenter Weise nach den Potenzen der störenden Kräfte anzuordnen. Solche Entwickelungen ziehen indess nothwendig die nach den Potenzen der Zeit nach sich, welche wiederum nur beschränkt gültig bleiben, was aber für viele Fälle genügt. Sind dagegen merkliche kritische Ungleichheiten vorhanden, dann hören

alle auf derartige Entwickelungen gegründeten Methoden auf anwendbar zu sein; die durch solche etwa gewonnenen Resultate wären mehr oder weniger illusorisch und könnten zu gänzlich unrichtigen Vorstellungen führen. . . .“

„Aus dem Gesagten geht hervor, dass die von Hansen und Le-Verrier, sowie die von den meisten anderen Bearbeitern der Planetentheorien angewendeten Integrationsmethoden die Entwickelung der sogenannten Säcularstörungen in Potenzreihen herbeiführten. In Folge dieses Entwickelungsmodus können nun die elementären Glieder nie zum Vorschein kommen; denn die trigonometrischen Functionen, womit diese Glieder multiplicirt sind, treten dann unmittelbar als Potenzreihen auf. Eine zweite Folge dieses Verfahrens ist, dass die horistische Function nie vollständig angegeben werden kann, wodurch endlich die Möglichkeit abgeschnitten wird, die kritischen Glieder überhaupt berechnen zu können. Aber diese Methoden haben noch eine Schattenseite, an die vielleicht häufiger gedacht werden muss, als an den Mangel, die kritischen Glieder überhaupt nicht liefern zu können. Diese Nachtheile sind folgende.“

„Wenn man an der Form der elementären Glieder nicht festhält, sondern schon vor den Integrationen die Entwickelung der sog. Säcularstörungen nach den Potenzen der Zeit zulässt, dann erscheinen die Coefficienten dieser Entwickelungen auch nach den Integrationen als Reihen, die nach den Potenzen der störenden Massen fortschreiten. Wie es sich mit der Convergenz dieser Reihen verhält, ist nicht direkt untersucht worden, jedenfalls ist sie nicht wahrscheinlich. Es ist zwar richtig, dass die ersten Glieder der niedrigsten dieser Entwickelungen eine entschiedene Abnahme aufzuweisen haben, andererseits wird aber diese Abnahme merklich vermindert, wenn man etwas über die ersten Glieder und die Coefficienten der niedrigsten Potenzen der Zeit hinausgeht. Die Anwendung solcher Entwickelungen hat daher immer etwas Bedenkliches, sobald die Zeit, für die sie gelten sollen, nicht sehr kurz ist und der Betrag der störenden Kräfte nicht sehr gering. Diese Bedenken hier auszusprechen, glaube ich um so mehr Veranlassung zu haben, als sie mir bei einer eingehenden Untersuchung der umfangreichen Arbeit Le Verrier's über die Theorien Jupiters und Saturns, also bei einer Untersuchung von bereits gewonnenen numerischen

Resultaten aufgestiegen sind und weil mich dieselbe zuerst auf den Gedanken brachte, verbesserte Integrationsmethoden aufzusuchen. Ich gelangte dabei zu der Ansicht, dass die Unsicherheit, welche den Le Verrier'schen Resultaten noch anhaftete, keineswegs darin ihren Grund hatte, dass dieser hervorragende Astronom es unterlassen hatte, die Hansen'sche Methode anzuwenden, sondern vielmehr in den principiellen Mängeln der Grundlagen zu suchen sei, welche den damals gebräuchlichen Methoden gemeinsam eigen waren[1]). Bei Besprechung über den Zusatz zum 21. Capitel der betreffenden Arbeit Le Verrier's habe ich mir erlaubt, folgende Worte zu äussern: „Das Ergebniss der in dem soeben referirten Zusatze ausgeführten Untersuchung kann also nicht ein befriedigendes genannt werden, sondern zeigt die Nothwendigkeit einer neuen Bearbeitung des betreffenden Gegenstandes. Jedoch dürfte es gerathen sein, bevor eine solche Arbeit von so grossem Umfange eingeleitet wird, die anzuwendende Methode einer sorgfältigen Prüfung zu unterziehen, und vor allen Dingen, da die jetzt vorhandene Theorie den praktischen Bedürfnissen eine Zeit lang genügen wird, nicht mit der neuen Arbeit voreilig anzufangen, sondern die Fundamente derselben so fest zu legen, dass die Aussicht auf Erfolg eine möglichst sichere wird."

„Verschiedene Umstände haben mich bewogen, selbst einige Ansätze zu dieser neuen Arbeit zu machen: jedenfalls bezweckt mein „Traité analytique des orbites absolues etc.", wovon der erste Theil bereits erschienen und der zweite sich unter Presse befindet[2]), die Fundamente zu einer solchen in oben bezeichneter Weise zu legen. . . . Die in diesem Werke angewandte Methode zur analytischen Behandlung der vorgelegten Aufgabe, nämlich die Methode der absoluten Bahnen in Verbindung mit der horistischen Integrationsmethode, in allen Fällen, wo die lineäre Methode nicht mehr zum Ziele führt, lässt sich auch unmittelbar anwenden, wenn es sich um die Theorien der kleinen Planeten handelt. . . ." —

---

[1]) Vgl. die Referate über die Bände X, XI und XII der „Annales de l'Observatoire de Paris" in den V. J. S. der Astr. Ges. Jahrg. 13, 14 und 15.

[2]) Dieser Theil ist jetzt durch Herrn Backlund und seine beiden ausgezeichneten Mitarbeiter, die Herren Sundmann und v. Zeipel abgeschlossen und wird fertig gedruckt, während die Arbeiten für den dritten und letzten Band bereits im Gange sind.

Um die charakterisirten Mängel der alten Theorie zu beseitigen, lässt Gyldén von vorneherein den Begriff der Kepler'schen Ellipse als Ausgangspunkt zur Behandlung der planetarischen Bewegung und damit die Theorie der Variation der Constanten fallen und geht von einer neuen Form der allgemeinen Differentialgleichungen der Bewegung aus, in denen er die auf der rechten Seite auftretenden partiellen Derivirten P und Q der Störungsfunction Ω gleichfalls in neuer Weise entwickelt. Er vermeidet, wie bereits gesagt, durchweg Entwickelungen nach Potenzen der Zeit d. v. s. nach der störenden Masse und nimmt die Glieder nicht successive nach den Potenzen dieser Masse, in die sie multiplicirt sind, mit, sondern untersucht dieselben auf ihre Wichtigkeit und nimmt dann nur den als wesentlich in Betracht kommenden Theil der Störungsfunction mit, das sind eben die elementären, die charakteristischen und die grossen gewöhnlichen Störungsglieder. Aus diesen setzt er dann die rechten Seiten der zu integrirenden allgemeinen Differentialgleichungen, die aus verwickelten Ausdrücken bestehen, nach einem bestimmten Principe zusammen und trägt bei der hiernach ausführbaren Integration der Variabilität der langperiodischen Functionen η und π (die auf den rechten Seiten auftreten) und ebenso der Variabilität der in den Argumenten auftretenden Zeitreduction (die selbst wieder durch eine zu integrirende Differentialgleichung definirt ist) mittelst des Principes der partiellen Integration Rechnung. Alles dies habe ich an dem Beispiel der Planeten des Hildatypus ($^2/_3$) eingehend auseinandergesetzt[1]).

Was die Methode der Integration betrifft, so hat Gyldén die verschiedenartigsten Versuche[2]) gemacht, zu convergenten Entwickelungen zu gelangen, die schliesslich einen, durch seinen Tod herbeigeführten Abschluss in seiner „horistischen Integrations-Methode“ gefunden

[1]) H. Buchholz: „Untersuchung der Bewegung vom Typus $^2/_3$ im Problem der drei Körper und der Hilda-Lücke im System der kleinen Planeten auf Grund der Gyldén'schen Störungstheorie.“ Denkschriften der math.-naturw. Klasse der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Bd. LXXII p. 311—466.

[2]) Gyldén, Studien auf dem Gebiete der Störungstheorie. Mémoires de l'Académie impériale des Sciences de St. Pétersbourg, VIIe Série, Tome XVI Nr. 10, 1871.

Gyldén, Untersuchungen über die Convergenz der Reihen, welche zur Darstellung der Coordinaten der Planeten angewendet werden. (Acta mathematica IX, 1887, 185.)

Gyldén, Nouvelles recherches sur les séries employées dans les théories des planètes. (Acta mathematica XV, 1891, 65; XVII, 1892, 1.)

haben, mit der er seiner Ansicht nach, die ich im Folgenden des Näheren zu belegen suchen werde, das von ihm angestrebte Ziel erreicht hat.

Da diese letzte, bezüglich ihrer Ableitung sehr complicirte Methode Gyldén's bisher niemals im Zusammenhang dargestellt worden ist, indem sie sich im Vorwort zu den Gyldén'schen Hilfstafeln — dem kurzen Raum entsprechend — nur angedeutet findet, während in den äusserst schwierig zu lesenden „Nouvelles recherches" das Princip der Integration ohne Rücksicht auf den Zusammenhang mit der allgemeinen astronomischen Theorie und unter Weglassung langer und nicht einfacher Zwischenrechnungen und Betrachtungen durchgeführt ist: so dürfte eine, wenn auch vorläufig nur kurze, weil ohne weitere Anwendung gegebene kritische Discussion dieser hochbedeutsamen Frage einem wissenschaftlichen Bedürfniss entsprechen. Und diesem glaube ich durch eine solche Darstellung und eine Darlegung der durch Herrn Backlund vorgeschlagenen theilweisen Weiterführung des Gyldén'schen Verfahrens zunächst besser zu entsprechen, als durch eine ausführliche Anwendung, damit auch dem reinen Mathematiker ein einfacher Einblick in diese interessante, sonst aber für ihn wegen des umfangreichen astronomischen Anhanges schwieriger zugängliche Frage ermöglicht werde. Man wird erkennen, wie durchaus einfach die Grundgedanken Gyldén's sind und wird bei seiner Methode keineswegs auf die Enthüllung ungewöhnlicher neuer mathematischer Principien, wie etwa neuer Functionsbegriffe zu rechnen haben. Wie schwierig indess der Weg ist, auf dem Gyldén sein in's Auge gefasste Ziel erreicht, und wie complicirt und schwer verständlich seine eigene Darstellung ist, wird man durch die Lectüre der „Nouvelles recherches" am besten selbst erkennen.

Im Sinne der charakterisirten Tendenz der folgenden Ausführungen alle Weiterungen der Darstellung vermeidend, knüpfe ich in Kürze an meine erwähnte Anwendung der Gyldén'schen Theorie auf den Typus $^2/_3$ an. Gewisse dort in vollem Zusammenhang abgeleitete Gyldén'sche Grundbegriffe, wie beispielsweise denjenigen der elementären und charakteristischen Glieder (cf. Cap. III), deren Zweck und Bestimmungsart eben bloss an einem Beispiel wirklich klargelegt werden kann, werde ich für das Folgende voraussetzen. Uebrigens sind ja die elementären Glieder definirt als diejenigen, welche mit der störenden Masse nicht verschwinden, sondern

wenn diese verschwindet, endliche Werthe annehmen; während die charakteristischen Glieder diejenigen sind, welche die kleinsten mit der störenden Masse nicht verschwindenden Integrationsdivisoren haben und mit der störenden Masse immer verschwinden. —

Als Differentialgleichungen in den Gyldén'schen Variabeln finden sich in meiner vorerwähnten Abhandlung die folgenden Formen des näheren abgeleitet (cf. Kap. I):

$$\left.\begin{aligned}
-\frac{1}{1+S}\cdot\frac{dS}{dv} &= (1+S)^2\,Q + \frac{1}{2}\,\frac{1}{1-\eta^2}\,\frac{d\eta^2}{dv}\\
\frac{d^2\varrho}{dv^2}+\varrho &= -\left\{\frac{2}{1-\eta^2}\,\frac{d\eta^2}{dv} + (1+S)^2\,Q\right\}\frac{d\varrho}{dv} + 2\,S+S^2-(1+S)^2\,P\\
&\quad -\left\{\frac{1}{1-\eta^2}\,\frac{d^2\eta^2}{dv^2} + \frac{2}{(1-\eta^2)^2}\left(\frac{d\eta^2}{dv}\right)^2 + \frac{(1+S)^2}{1-\eta^2}\,Q\,\frac{d\eta^2}{dv}\right\}(1+\varrho)\\
\frac{dT}{dv} &= S - 2R - 2RS + 3R^2 + 3SR^2 - 4R^3 + \ldots\\
&\quad + \left\{6R - 2S - 12R^2 + 6RS - \ldots\right\}\eta\cos\left\{(1-\varsigma)\,v - \pi\right\}\\
&\quad - 3\eta^2 R + \left\{\frac{3}{2}S - 6R + \ldots\right\}\eta^2\cos 2\left\{(1-\varsigma)v - \pi\right\}\\
&\quad + 6\,R\eta^3\cos\left\{(1-\varsigma)\,v - \pi\right\} + \left\{\frac{19}{4}R - S\right\}\eta^3\cos 3\left\{(1-\varsigma)\,v - \pi\right\}\\
&\quad \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\\
&\quad - \frac{dX}{dv}
\end{aligned}\right\}\quad (1)$$

wobei: $P = r^2\,\frac{\partial\Omega}{\partial r}$ und $Q = \frac{r^2}{a(1-\eta^2)}\,\frac{\partial\Omega}{\partial v}$ ist.

Im zweiten Kapitel ist dann gezeigt, wie man die auf der rechten Seite dieser Differentialgleichungen auftretenden Grössen P und Q nach Gyldén's Princip in unendliche Reihen entwickelt, die nach η, η', ϱ, ϱ' fortschreiten und deren Coefficienten nur von dem Verhältniss der mittleren Entfernungen des störenden u. des gestörten Planeten $\frac{a'}{a} = \alpha$ allein abhängen und nach einem von Gyldén gegebenen Rechenalgorithmus numerisch für jeden Planeten bestimmt werden können. In Kapitel III ist ausgeführt, wie die wesentlichen Theile dieser Functionen P und Q, d. h. die elementären und charakteristischen Glieder bestimmt werden, während im vierten Kapitel dargelegt ist, wie man schliesslich durch Einführung der für P und Q für einen bestimmten Planetentypus gewonnenen Werthe in die Differentialgleichungen (1) allgemein zu folgenden Formen derselben gelangt:

$$\left.\begin{aligned} \frac{dS}{dv} &= \sum_n a_n \sin(\lambda_n v - B_n) \\ \frac{d^2\varrho}{dv^2} + \varrho &= \sum_n b_n \cos(\lambda_n v - B_n) \\ \frac{dT}{dv} &= \sum_n c_n \cos(\lambda_n v - B_n) \end{aligned}\right\} (2)$$

wo die rechten Seiten für jeden Planetentypus durch eine hinsichtlich der Coefficienten und Argumente anders geartete trigonometrische Reihe gegeben sind. Zugleich ist in diesem Kapitel gezeigt, wie man diese Differentialgleichungen, deren Integrale schematisch die einfache Form haben:

$$\left.\begin{aligned} S &= a_0 - \sum_n \frac{a_n}{\lambda_n} \cos(\lambda_n v - B_n) \\ \varrho &= \varkappa \cos(v - \Gamma) + \sum_n \frac{b_n}{1-\lambda_n^2} \cos(\lambda_n v - B_n) \\ T &= c_0 + \sum_n \frac{c_n}{\lambda_n} \sin(\lambda_n v - B_n) \end{aligned}\right\} (2\,a)$$

in höchst einfacher Weise mit Hilfe der Methode der unbestimmten Coefficienten integriren kann, wobei die Variabilität von η und π die Zusatzglieder, die Variabilität von T, das in den Argumenten der rechten Seiten von (2) auftritt (wenn man das Argument ausführt) die exargumentalen Glieder ergiebt, die beide nach Gyldén durch partielle Integration gewonnen werden.

In dieser Weise integrirt man, wie ich für den Typus $^2/_3$ ganz im Detail gezeigt habe, zunächst die Differentialgleichungen für S und $\varrho = (\varrho) + R$, erhält also für ϱ zwei ganz verschiedene Differentialgleichungen, die eine in den elementären Gliedern (ϱ), die andere in den charakteristischen und grossen gewöhnlichen Gliedern R. Hat man so die periodischen Aggregate, aus denen sich S und R zusammensetzen, bestimmt, so setzt man — eben nach dem von Gyldén vor Aufstellung der horistischen Methode befolgten, von Hrn. Brendel dann modificirten Princip — die rechte Seite der Differentialgleichung für die Zeitreduction aus S und R zusammen (wie die dritte der Gleichungen (1) zeigt) und erhält dann T durch eine nochmalige Integration, indem S und R schon durch eine solche gefunden sind. Auf diese Weise erscheint also T bestimmt durch eine Doppelquadratur.

An diesem Punkt angelangt, können wir zur Darlegung des höchst einfachen Principes der horistischen Integrationsmethode übergehen. Angenommen nämlich, man bestimmt die Zeitreduction auf dem zuvor angedeuteten Wege mittelst einer Doppelquadratur, so wären diese beiden Integrationen von S und T, das S enthält, offenbar gleichbedeutend mit der Integration einer Differentialgleichung der Form:

$$\frac{d^2\psi}{dv^2} = \sum a_n \sin(\sigma_n v + \psi + b_n) \ldots (3)$$

Integrirte man aber diese in erster Näherung, dadurch dass man setzte:

$$\frac{d^2\psi}{dv^2} = \sum a_n \sin(\sigma_n v + b_n) \quad (4)$$

so könnte man über die Convergenz des Integrales dieser Gleichung:

$$\psi = -\sum \frac{a_n}{\sigma_n^2} \sin(\sigma_n v + b_n) \quad (5)$$

wenn σ_n beliebig klein würde, offenbar gar nichts bestimmtes sagen, selbst dann nicht, wenn die a_n in der ursprünglichen Differentialgleichung eine convergente Reihe bildeten.

Anders hingegen würde es sich mit der folgenden Differentialgleichung verhalten:

$$\frac{d^2\psi}{dv^2} - \nu^2\psi = \sum a_m \sin(\sigma_m v + \psi + b_m) \quad (6)$$

Setzte man hier in erster Näherung:

$$\frac{d^2\psi}{dv^2} - \nu^2\psi = \sum a_m \sin(\sigma_m v + b_m) \quad (7)$$

so würde das Integral dieser Differentialgleichung:

$$\psi = -\sum \frac{a_m}{\nu^2 + \sigma_m^2} \sin(\sigma_m v + b_m) \quad (8)$$

offenbar in der That eine gleichförmig convergente Entwickelung auch dann noch repräsentiren, wenn σ_m unendlich klein würde, falls nur die a_m in der Differentialgleichung eine solche Reihe bilden, und $\nu^2 > 0$ ist.

Der mathematisch wie man sieht höchst einfache Gedanke Gyldén's besteht nun darin, nachzuweisen, dass die Differentialgleichung für die Länge (und ebenso diejenige für den Radius vector) sich wirklich auf die letzt-

genannte Form einer „horistischen“ Differentialgleichung bringen lässt, zu welchem Zweck die Existenz der Horistica ν^2 erwiesen werden muss, d. h. dass dieselbe niemals verschwindet. Dieser Nachweis, mit anderen Worten die Transformation der ursprünglichen Differentialgleichung auf die horistische Form, erfordert indess wie wir sehen werden einen complicirten mathematischen Apparat. Weil die Grösse ν^2 das Beliebigkleinwerden der Integrationsdivisoren unschädlich macht, gewissermaassen abgrenzt und so den „kritischen“ Gliedern, welche dadurch definirt sind, dass sie diese Divisoren enthalten, begegnet, nennt Gyldén ν^2 den „horistischen“ Coefficienten und eine Differentialgleichung der Form (6) oder (7) eine „horistische“ (von ὁρίζειν, begrenzen). Aehnliche Betrachtungen werden wir nach der horistischen Methode dann für den Radius Vector durchzuführen haben.

Da die Form (6) der Differentialgleichung für die Zeitreduction, die bei der horistischen Methode verwendet wird, eine andere ist, als die von Gyldén vor Aufstellung dieser Methode gebrauchte Form der dritten Gleichung von System (1) (cf. pag. 142 [18] zuvor), so wollen wir zunächst zeigen, wie man bei der allgemeinen Gyldén'schen Charakterisirung des Problems der drei Körper auf die genannte Form (6) der Differentialgleichung für die Zeitreduction kommt. Aber auch die Form der Differentialgleichungen für S und ϱ hat Gyldén schliesslich noch in einer anderen Weise gegeben, die sich durch grössere Allgemeinheit von der auf S. 142 [18] gegebenen unterscheidet, indem die bei den Gleichungen (1) zu Grunde liegende Beschränkung über die x-Axe aufgehoben wird, was für die Behandlung der grossen Planeten, wie ich kurz zeigen werde, auch von grösstem praktischen Werth ist. Daher geben wir zunächst diese Ableitung.

II.

Ableitung der Gyldén'schen Differentialgleichungen des Problems der drei Körper in ihrer allgemeinsten Form.

Um die Gyldén'schen Differentialgleichungen des Problems der drei Körper in ihrer allgemeinsten Form, so wie sie von Gyldén schliesslich angewendet werden, zu gewinnen, knüpfen wir an die Hansen'sche Form der Bewegungsgleichungen eines Planeten in seiner „instantanen" Bahnebene an, die sich in der Einleitung zum ersten Kapitel meiner Untersuchungen über den Typus $^2/_3$ kurz abgeleitet findet. Das dort Auseinandergesetzte über die von Hansen eingeführte, von Gyldén beibehaltene gesonderte Betrachtung der Bewegung des Planeten in seiner instantanen Bahnebene und der Bewegung dieser momentanen Bahnebene selbst im Raum setzen wir jetzt voraus. Bei der dort gegebenen Ableitung der Gyldén'schen Grundgleichungen liegt die ursprünglich von Gyldén adoptirte specielle Voraussetzung Hansen's zu Grunde, dass die Bewegung der x-Axe in der im Raum beweglichen momentanen Bahnebene durch die Differentialgleichung $\alpha\, d\beta + \alpha_1\, d\beta_1 + \alpha_2\beta_2 = 0$ definirt ist.

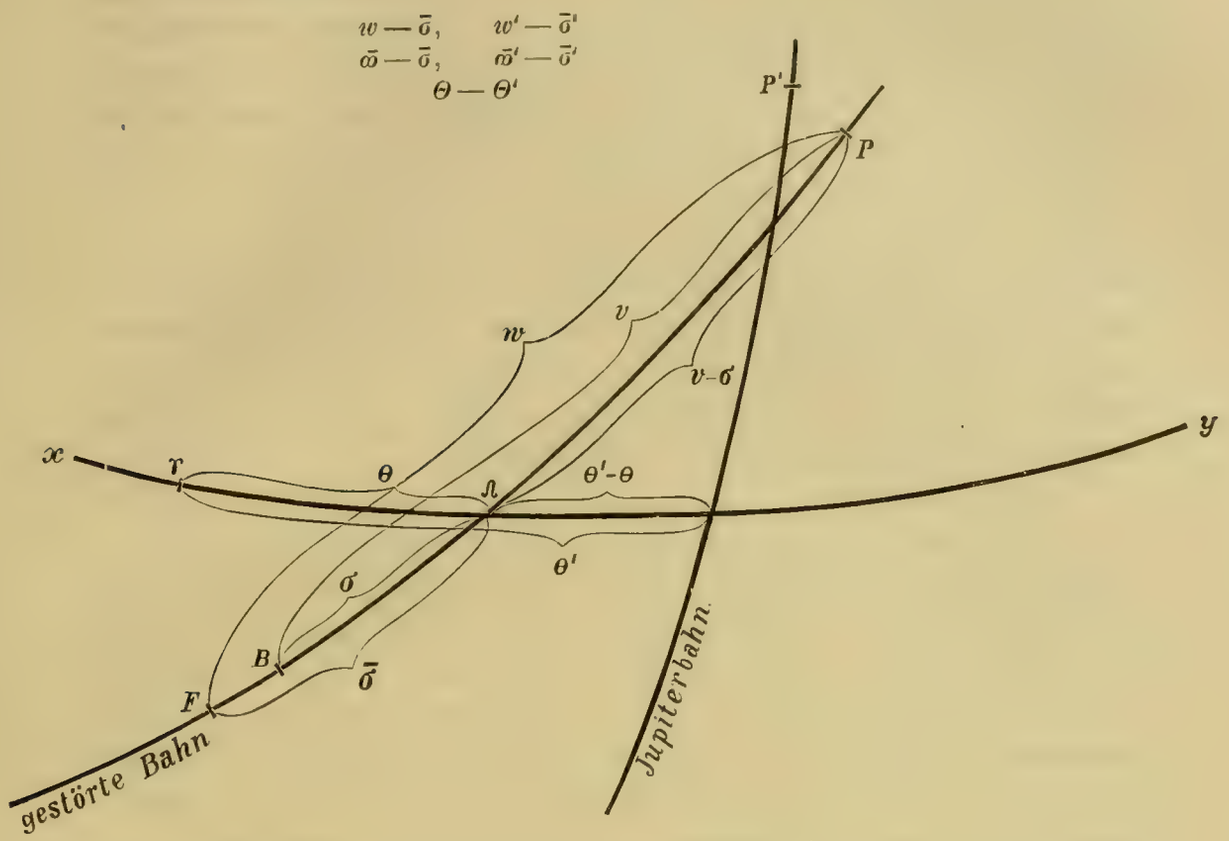
Diese Beschränkung lässt Gyldén bei seiner zuletzt erreichten vollkommensten Behandlungsweise des Problems der drei Körper fallen und führt an Stelle der von Hansen definirten Bewegung der x-Axe eine solche ein, bei der:

$$\sigma = \Theta + G$$

ist, wo G eine periodische Function ist. Dies bewirkt, dass die momentane Bahnebene auf dem um die Sonne sich drehenden Radius Vector auch gleitet und ermöglicht dadurch σ bei Gyldén durch Θ zu ersetzen, während dies für $\bar{\sigma}$ bei Hansen nicht möglich ist. Offenbar hat man nach der Figur in Gyldén'scher Bestimmungsweise die 5 Argumente:

$$\begin{array}{cc} v-\sigma, & v'-\sigma' \\ \omega-\sigma, & \omega'-\sigma' \\ \multicolumn{2}{c}{\Theta-\Theta'} \end{array} \qquad \text{oder:} \qquad \begin{array}{cc} v-\Theta, & v'-\Theta' \\ \omega-\Theta, & \omega'-\Theta' \\ \multicolumn{2}{c}{\Theta-\Theta'} \end{array}$$

nach Hansen aber:



Bei Hansen ist aber $\bar{\sigma} - \Theta$ keine periodische Function und daher $\bar{\sigma}$ nicht durch Θ ersetzbar. Die Folge ist also, dass bei

1) Zwei Planeten:

Gyldén	5	Argumente	mit 6	Grössen,
Hansen	5	„	„ 8	„
Le Verrier	5	„	„ 6	„

2) Drei Planeten:

Gyldén	8	Argumente	mit 9	Grössen,
Hansen	8	„	„ 12	„
Le Verrier	12	„	„ 9	„

in der Störungsfunction hat. In beiden Fällen sind also Gyldén und Le Verrier gegen Hansen inbezug auf die Anzahl der in den Argumenten vorkommenden Grössen in Vortheil. Gyldén aber ist gegenüber Le Verrier

im Vortheil hinsichtlich der Anzahl der auftretenden Argumente, was im System der grossen Planeten sehr wichtig ist. Gyldén's Darstellung ist also auch in dieser Beziehung die beste. Aus Nr. 21 und 22 Orb. abs. pag. 66 etc. ersieht man aber, dass G und damit $\bar{g}$ (das sogleich in den Differentialgleichungen auftreten wird), eine Grösse erster Ordnung und zweiten Grades bezüglich der Neigung, also klein ist. Wenn man es auf eine absolute Lösung absieht, darf man weder $\bar{g}$ fortlassen, noch auch von den zu Anfang erwähnten Differentialgleichungen (1) ausgehen[1]), sondern muss von denjenigen allgemeinsten Gyldén'schen Differentialgleichungen ausgehen, die wir jetzt ableiten wollen, eine Ableitung, die allerdings viel weitläufiger ist, als die in meiner Arbeit über den Typus $^2/_3$ gegebene Ableitung der zuvor angeführten einfacheren Gleichungen (1).

Zum Zweck dieser Ableitung, die sich in den Orbites absolues in den verschiedenen Büchern verstreut und theilweise ohne die Zwischenrechnungen findet, erinnern wir uns, dass, wenn man zwei rechtwinklige Coordinatensysteme von gleichem Ursprung in's Auge fasst, das eine im Sinne der Mechanik von unveränderlichen Richtungen im Raum, das andere in der Art definirt, dass zwei seiner Axen in der durch zwei unendlich benachbarte Radien Vectoren bestimmten instantanen Bahnebene des Planeten gelegen sind, wenn man ferner die Coordinaten eines und desselben Punktes bezüglich des ersteren Systems mit x, y, z bezüglich des zweiten mit ξ, η, ζ bezeichnet, dann unter anderen die für das Folgende nöthigen Relationen bestehen:

$$\left.\begin{aligned} x &= \alpha\xi + \beta\eta + \gamma\xi \\ y &= \alpha_1\xi + \beta_1\eta + \gamma_1\zeta \\ z &= \alpha_2\xi + \beta_2\eta + \gamma_2\xi \end{aligned}\right\} \quad (9)$$

und umgekehrt:

$$\left.\begin{aligned} \xi &= \alpha x + \alpha_1 y + \alpha_2 z \\ \eta &= \beta x + \beta_1 y + \beta_2 z \\ \zeta &= \gamma x + \gamma_1 y + \gamma_2 z \end{aligned}\right\} \quad (10)$$

In Folge der Definition der momentanen Bahnebene, dass die ξ und η-Axe stets innerhalb derselben liegen sollen, ist $\zeta = 0$, also:

[1]) In meiner Abhandlung über den Typus $^2/_3$ ist im Anschluss an Hrn. Brendel's Theorie der kleinen Planeten (cf. p. 36 u. 44 ib.) die veränderliche Grösse Σ so definirt aufgefasst, dass $\bar{g}$ gar nicht auftritt. Infolgedessen enthält aber Σ ein säculares Glied, was völlig berechtigt ist, wenn man es auf eine für endliche Zeit gültige Lösung absieht, das Gyldén im Hinblick auf die absolute Lösung indess durch obige Ableitung zu vermeiden strebt.

$$0 = \gamma x + \gamma_1 y + \gamma_2 z \ldots (11)$$

eine Gleichung, die, wenn γ, γ_1, γ_2 Constante sind, diejenige einer durch den Ursprung gehenden Ebene ist. Damit diese auch durch einen unendlich benachbarten Punkt geht, muss:

$$0 = \gamma \frac{dx}{dt} + \gamma_1 \frac{dy}{dt} + \gamma_2 \frac{dz}{dt} \quad (12)$$

sein.

Ferner sind für die neun Richtungscosinus der beiden Coordinatensysteme unter anderen die für das Folgende nöthigen Beziehungen bekannt:

$$\left.\begin{aligned} \alpha^2 + \alpha_1^2 + \alpha_2^2 &= 1 \\ \beta^2 + \beta_1^2 + \beta_2^2 &= 1 \\ \gamma^2 + \gamma_1^2 + \gamma_2^2 &= 1 \end{aligned}\right\} \quad (13)$$

so dass:

$$\left.\begin{aligned} \alpha \frac{d\alpha}{dt} + \alpha_1 \frac{d\alpha_1}{dt} + \alpha_2 \frac{d\alpha_2}{dt} &= 0 \\ \beta \frac{d\beta}{dt} + \beta_1 \frac{d\beta_1}{dt} + \beta_2 \frac{d\beta_2}{dt} &= 0 \\ \gamma \frac{d\gamma}{dt} + \gamma_1 \frac{d\gamma_1}{dt} + \gamma_2 \frac{d\gamma_2}{dt} &= 0 \end{aligned}\right\} \quad (14)$$

ist. Ferner hat man:

$$\left.\begin{aligned} \alpha\beta + \alpha_1\beta_1 + \alpha_2\beta_2 &= 0 \\ \alpha\gamma + \alpha_1\gamma_1 + \alpha_2\gamma_2 &= 0 \\ \beta\gamma + \beta_1\gamma_1 + \beta_2\gamma_2 &= 0 \end{aligned}\right\} \quad (15)$$

und schliesslich:

$$\left.\begin{aligned} \alpha &= \beta_1\gamma_2 - \beta_2\gamma_1 & \beta &= \alpha_2\gamma_1 - \alpha_1\gamma_2 \\ \alpha_1 &= \beta_2\gamma - \beta\gamma_2 & \beta_1 &= \alpha\gamma_2 - \alpha_2\gamma \\ \alpha_2 &= \beta\gamma_1 - \beta_1\gamma & \beta_2 &= \alpha_1\gamma - \alpha\gamma_1 \\ \gamma &= \alpha_1\beta_2 - \alpha_2\beta_1 \\ \gamma_1 &= \alpha_2\beta - \alpha\beta_2 \\ \gamma_2 &= \alpha\beta_1 - \alpha_1\beta \end{aligned}\right\} \quad (16)$$

Zunächst erhält man nun durch Differentation von (9):

$$\left.\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= \alpha \frac{d\xi}{dt} + \beta \frac{d\eta}{dt} + \gamma \frac{d\zeta}{dt} + \frac{d\alpha}{dt}\xi + \frac{d\beta}{dt}\eta + \frac{d\gamma}{dt}\zeta \\ \frac{dy}{dt} &= \alpha_1 \frac{d\xi}{dt} + \beta_1 \frac{d\eta}{dt} + \gamma_1 \frac{d\zeta}{dt} + \frac{d\alpha_1}{dt}\xi + \frac{d\beta_1}{dt}\eta + \frac{d\gamma_1}{dt}\zeta \\ \frac{dz}{dt} &= \alpha_2 \frac{d\xi}{dt} + \beta_2 \frac{d\eta}{dt} + \gamma_2 \frac{d\zeta}{dt} + \frac{d\alpha_2}{dt}\xi + \frac{d\beta_2}{dt}\eta + \frac{d\gamma_2}{dt}\zeta \end{aligned}\right\} \quad (17)$$

Ferner:

$$\alpha d\beta + \alpha_1 d\beta_1 + \alpha_2 d\beta_2 = -\beta d\alpha - \beta_1 d\alpha_1 - \beta_2 d\alpha_2.$$

Die Hansen'sche Bedingung für die Anfangsrichtung der x-Axe in der momentanen Bahnebene:

$$\alpha \frac{d\beta}{dt} + \alpha_1 \frac{d\beta_1}{dt} + \alpha_2 \frac{d\beta_2}{dt} = 0$$

nun ersetzt Gyldén durch die allgemeinere:

$$\beta \frac{d\alpha}{dt} + \beta_1 \frac{d\alpha_1}{dt} + \beta_2 \frac{d\alpha_2}{dt} = -\alpha \frac{d\beta}{dt} - \alpha_1 \frac{d\beta_1}{dt} - \alpha_2 \frac{d\beta_2}{dt} = f(t) = N \quad (18)$$

indem er annimmt, dass die x-Axe einem beliebigen durch N repräsentirten Bewegungsgesetz in der instantanen Bahnebene unterworfen sei, derart, dass $f(t)$ stets eine endliche und stetige Function der Zeit ist.

Indem man nun die erste, zweite, dritte der Gleichungen (9) bezüglich mit $\frac{d\alpha}{dt}$, $\frac{d\alpha_1}{dt}$, $\frac{d\alpha_2}{dt}$ multiplicirt und addirt, erhält man leicht mit Hinblick auf die Gleichungen (18) und (13), da ζ jetzt gleich 0 ist:

$$\left.\begin{aligned} x \frac{d\alpha}{dt} + y \frac{d\alpha_1}{dt} + z \frac{d\alpha_2}{dt} &= N\eta \\ x \frac{d\beta}{dt} + y \frac{d\beta_1}{dt} + z \frac{d\beta_2}{dt} &= -N\xi \end{aligned}\right\} \quad (19)$$

Durch Differentation der Gleichungen (9) nach der Zeit erhält man, wenn man rechts die Gleichungen (19) einführt:

$$\left.\begin{aligned} \frac{d\xi}{dt} - N\eta &= \alpha \frac{dx}{dt} + \alpha_1 \frac{dy}{dt} + \alpha_2 \frac{dz}{dt} \\ \frac{d\eta}{dt} + N\xi &= \beta \frac{dx}{dt} + \beta_1 \frac{dy}{dt} + \beta_2 \frac{dz}{dt} \end{aligned}\right\} \quad (20)$$

Fasst man dies System mit Gleichung (12) zusammen und löst nach $\frac{dx}{dt}$ etc. auf, so ergibt sich:

$$\left.\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= \alpha \frac{d\xi}{dt} + \beta \frac{d\eta}{dt} - N(\alpha\eta - \beta\xi) \\ \frac{dy}{dt} &= \alpha_1 \frac{d\xi}{dt} + \beta_1 \frac{d\eta}{dt} - N(\alpha_1\eta - \beta_2\xi) \\ \frac{dz}{dt} &= \alpha_2 \frac{d\xi}{dt} + \beta_2 \frac{d\eta}{dt} - N(\alpha_2\eta - \beta_2\xi) \end{aligned}\right\} \quad (21)$$

Setzt man jetzt, der Voraussetzung entsprechend in den Gleichungen (17)

$$\zeta = \frac{d\zeta}{dt} = 0$$

und zieht das so erhaltene System von den Gleichungen (21) ab, so erhält man:

$$\left.\begin{aligned} 0 &= \xi \frac{d\alpha}{dt} + \eta \frac{d\beta}{dt} + N(\alpha\eta - \beta\xi) \\ 0 &= \xi \frac{d\alpha_1}{dt} + \eta \frac{d\beta_1}{dt} + N(\alpha_1\eta - \beta_1\xi) \\ 0 &= \xi \frac{d\alpha_2}{dt} + \eta \frac{d\beta_2}{dt} + N(\alpha_2\eta - \beta_2\xi) \end{aligned}\right\} \quad (22)$$

Wenn man ferner in den aus der Mechanik bekannten Ausdrücken für die Flächensätze x, y, z nach den Gleichungen (9), $\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}$ nach den Gleichungen (21) ersetzt und ausmultiplicirt, so findet man, indem sich mehrere Glieder fortheben, andere vereinigen mit Hinblick auf die Relationen (16) das folgende Resultat:

$$\left.\begin{aligned} x\frac{dy}{dt} - y\frac{dx}{dt} &= \gamma_2\left(\xi\frac{d\eta}{dt} - \eta\frac{d\xi}{dt}\right) + \gamma_2(\xi^2 + \eta^2)N \\ z\frac{dx}{dt} - x\frac{dz}{dt} &= \gamma_1\left(\xi\frac{d\eta}{dt} - \eta\frac{d\xi}{dt}\right) + \gamma_1(\xi^2 + \eta^2)N \\ y\frac{dz}{dt} - z\frac{dy}{dt} &= \gamma\left(\xi\frac{d\eta}{dt} - \eta\frac{d\xi}{dt}\right) + \gamma(\xi^2 + \eta^2)N \end{aligned}\right\} \quad (23)$$

Schliesslich müssen wir zur Ableitung der Differentialgleichung in ϱ noch zwei Relationen aufstellen. Um sie zu erhalten differentiren wir zunächst die Gleichungen (21):

$$\left.\begin{aligned} \frac{d^2x}{dt^2} &= \alpha\frac{d^2\xi}{dt^2} + \beta\frac{d^2\eta}{dt^2} + \frac{d\alpha}{dt}\frac{d\xi}{dt} + \frac{d\beta}{dt}\frac{d\eta}{dt} - \\ &- \frac{dN}{dt}(\alpha\eta - \beta\xi) - N\left(\alpha\frac{d\eta}{dt} - \beta\frac{d\xi}{dt} + \eta\frac{d\alpha}{dt} - \xi\frac{d\beta}{dt}\right) \end{aligned}\right\} \quad (24)$$

(analog in y und z) multipliciren dann diese drei Gleichungen bezüglich mit $\alpha, \alpha_1, \alpha_2$ und addiren sie. So folgt:

$$\left.\begin{aligned}
&\alpha\frac{d^2x}{dt^2}+\alpha_1\frac{d^2y}{dt^2}+\alpha_2\frac{d^2z}{dt^2}=(\alpha^2+\alpha_1{}^2+\alpha_2{}^2)\frac{d^2\xi}{dt^2}+\\
&+(\alpha\beta+\alpha_1\beta_1+\alpha_2\beta_2)\frac{d^2\eta}{dt^2}+\left(\alpha\frac{d\alpha}{dt}+\alpha_1\frac{d\alpha_1}{dt}+\alpha_2\frac{d\alpha_2}{dt}\right)\frac{d\xi}{dt}+\\
&+\left(\alpha\frac{d\beta}{dt}+\alpha_1\frac{d\beta_1}{dt}+\alpha_2\frac{d\beta_2}{dt}\right)\frac{d\eta}{dt}-\frac{dN}{dt}\Big\{(\alpha^2+\alpha_1{}^2+\alpha_2{}^2)\eta-\\
&-(\alpha\beta+\alpha_1\beta_1+\alpha_2\beta_2)\xi\Big\}-N\Big\{(\alpha^2+\alpha_1{}^2+\alpha_2{}^2)\frac{d\eta}{dt}-\\
&-(\alpha\beta+\alpha_1\beta_1+\alpha_2\beta_2)\frac{d\xi}{dt}+\left(\alpha\frac{d\alpha}{dt}+\alpha_1\frac{d\alpha_1}{dt}+\alpha_2\frac{d\alpha_2}{dt}\right)\eta-\\
&-\left(\alpha\frac{d\beta}{dt}+\alpha_1\frac{d\beta_1}{dt}+\alpha_2\frac{d\beta_2}{dt}\right)\xi\Big\}
\end{aligned}\right\}\quad(24\,a)$$

In dieser Gleichung ist mit Hinblick auf (13), (14), (15) und (18):

$$\begin{aligned}
&\alpha^2+\alpha_1{}^2+\alpha_2{}^2=1\\
&\alpha\beta+\alpha_1\beta_1+\alpha_2\beta_2=0\\
&\alpha\frac{d\alpha}{dt}+\alpha_1\frac{d\alpha_1}{dt}+\alpha_2\frac{d\alpha_2}{dt}=0\\
&\alpha\frac{d\beta}{dt}+\alpha_1\frac{d\beta_1}{dt}+\alpha_2\frac{d\beta_2}{dt}=-N
\end{aligned}$$

Ferner hat man nach den Grundgleichungen der relativen Bewegung direct:

$$\begin{aligned}
\frac{d^2x}{dt^2}&=\frac{\partial\Omega}{\partial x}-\mu\frac{x}{r^3}\\
\frac{d^2y}{dt^2}&=\frac{\partial\Omega}{\partial y}-\mu\frac{y}{r^3}\\
\frac{d^2z}{dt^2}&=\frac{\partial\Omega}{\partial z}-\mu\frac{z}{r^3}
\end{aligned}$$

daher wird unsere Gleichung:

$$\frac{d^2\xi}{dt^2}-2N\frac{d\eta}{dt}-\eta\frac{dN}{dt}-N\xi^2=\alpha\frac{\partial\Omega}{\partial x}+\alpha_1\frac{\partial\Omega}{\partial y}+\alpha_2\frac{\partial\Omega}{\partial z}-\frac{\mu}{r^3}(\alpha x+\alpha_1 y+\alpha_2 z).$$

Bekanntlich ist nun aber:

$$\frac{\partial\Omega}{\partial\xi}=\frac{\partial\Omega}{\partial x}\cdot\frac{\partial x}{\partial\xi}+\frac{\partial\Omega}{\partial y}\cdot\frac{\partial y}{\partial\xi}+\frac{\partial\Omega}{\partial z}\cdot\frac{\partial z}{\partial\xi}.$$

Durch Differentation der Gleichungen (9) aber folgt:

$$\frac{\partial x}{\partial\xi}=\alpha,\quad\frac{\partial y}{\partial\xi}=\alpha_1,\quad\frac{\partial z}{\partial\xi}=\alpha_2$$

so dass:

$$\frac{\partial\Omega}{\partial\xi}=\alpha\frac{\partial\Omega}{\partial x}+\alpha_1\frac{\partial\Omega}{\partial y}+\alpha_2\frac{\partial\Omega}{\partial z}$$

ist. Nach (10) ferner ist:

$$\alpha x + \alpha_1 y + \alpha_2 z = \xi$$

Daher geht Gleichung (24a) in ξ über in die folgende und eine analoge erhält man in η:

$$\left.\begin{aligned} \frac{d^2\xi}{dt^2} - 2N\frac{d\eta}{dt} + \left(\frac{\mu}{r^3} - N^2\right)\xi - \frac{dN}{dt}\eta &= \frac{\partial\Omega}{\partial\xi} \\ \frac{d^2\eta}{dt^2} + 2N\frac{d\xi}{dt} + \left(\frac{\mu}{r^3} - N^2\right)\eta + \frac{dN}{dt}\xi &= \frac{\partial\Omega}{\partial\eta} \end{aligned}\right| \quad (25)$$

In Besitz der im Vorstehenden abgeleiteten Relationen gehen wir aus von der folgenden Form der Hansen'schen Bewegungsgleichungen des Planeten in seiner momentanen Bahnebene:

$$\left.\begin{aligned} \frac{d}{dt}\left(r^2\frac{dv}{dt}\right) &= \frac{\partial\Omega}{dv} \\ \frac{d^2r}{dt^2} - r\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \frac{\mu}{r^2} &= \frac{\partial\Omega}{\partial r} \end{aligned}\right| \quad (26)$$

Hierzu sei bemerkt, dass sich die in meinen Untersuchungen über den Typus $^2/_3$ zu Anfang abgeleitete Form der Hansen'schen Gleichungen von der vorstehenden (26) durch den Factor $\mu = k^2(1+m)$ auf der rechten Seite bloss deshalb unterscheidet, weil dort Ω etwas anders definirt ist als in (26) nach Gyldén nämlich:

$$\Omega = \frac{m'}{1+m}\left\{\frac{1}{\Delta} - \frac{xx' + yy' + zz'}{r'^3}\right\} \quad (26a)$$

während Gyldén in (26) Ω (entsprechend Orbites absolues, Band I, S. 323) definirt durch:

$$\Omega = fm'\left\{\frac{1}{\Delta} - \frac{xx' + yy' + zz'}{r'^3}\right\} \quad (26b)$$

so dass:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + k^2(1+m)\frac{x}{r^3} = k^2(1+m)\frac{\partial\Omega}{\partial x} = k^2m'\frac{\partial\left\{\frac{1}{\Delta} - \frac{xx' + yy' + zz'}{r'^3}\right\}}{\partial x}$$

ist, also das Gyldén'sche Ω gleich ist dem von mir dort gebrauchten, wenn man dieses letztere noch mit:

$$f(1+m) = \mu$$

multiplicirt. Um mit Gyldén ganz im Einklang zu sein definiren wir jetzt Ω durch (26b) und gehen von den Gleichungen (26) aus.

Die erste der Gleichungen (26) wird, wenn man die Gleichungen (23) bezüglich mit γ_2, γ_1, γ multiplicirt und addirt mit Hinblick auf die Relationen (13):

$$\gamma_2\left(x\frac{dy}{dt}-y\frac{dx}{dt}\right)+\gamma_1\left(z\frac{dx}{dt}-x\frac{dz}{dt}\right)+\gamma\left(y\frac{dz}{dt}-z\frac{dy}{dt}\right)=$$
$$=\xi\frac{d\eta}{dt}-\eta\frac{d\xi}{dt}+N(\xi_2+\eta^2)=r^2\left(\frac{dv}{dt}+N\right)$$

da ja:

$$\xi^2+\eta^2=r^2$$
$$\xi\frac{d\eta}{dt}-\eta\frac{d\xi}{dt}=r^2\frac{dv}{dt}$$

ist. Weil nun aber:

$$\frac{d\left\{\gamma_2\left(x\frac{dy}{dt}-y\frac{dx}{dt}\right)+\gamma_1\left(z\frac{dx}{dt}-x\frac{dz}{dt}\right)+\gamma\left(y\frac{dz}{dt}-z\right)\right\}}{dt}=\frac{\partial\Omega}{\partial v}$$

ist, so wird die erste der Gleichungen (26) zunächst allgemeiner:

$$\frac{d\left\{r^2\frac{dv}{dt}\right\}}{dt}+\frac{(dr^2N)}{dt}=\frac{\partial\Omega}{\partial v}\quad(27)$$

oder, wenn man zur Abkürzung:

$$r^2\left(\frac{dv}{dt}+N\right)=\sqrt{c}\quad(28)$$

setzt, auch:

$$\frac{d\sqrt{c}}{dt}=\frac{\partial\Omega}{\partial v}\quad(29)$$

Setzt man jetzt:

$$N=\bar{y}\frac{dv}{dt}\quad(30)$$

so folgt aus (28):

$$r^2\frac{dv}{dt}=\frac{\sqrt{c}}{1+\bar{y}}\quad(31)$$

Multiplicirt man nun die erste der Gleichungen (25) mit ξ, die zweite mit η und addirt die Producte, so erhält man mit Hinblick auf die Relationen[1]):

[1]) Es ist ja $\xi=r\cos v$, $\eta=r\sin v$;

$$\frac{\partial\Omega}{\partial r}=\frac{\partial\Omega}{\partial\xi}\frac{\partial\xi}{\partial r}+\frac{\partial\Omega}{\partial\eta}\frac{\partial\eta}{\partial r}=\frac{\partial\Omega}{\partial\xi}\cos v+\frac{\partial\Omega}{\partial\eta}\sin v$$

also: $r\frac{\partial\Omega}{\partial r}=\xi\frac{\partial\Omega}{\partial\xi}+\eta\frac{\partial\Omega}{\partial\eta}$; durch Differentation nach v folgt analog die zweite Relation.

$$\xi \frac{\partial \Omega}{\partial \xi} + \eta \frac{\partial \Omega}{\partial \eta} = r \frac{\partial \Omega}{\partial r}$$
$$\xi \frac{\partial \Omega}{\partial \eta} - \eta \frac{\partial \Omega}{\partial \xi} = \frac{\partial \Omega}{\partial v}$$

die folgende Gleichung:

$$\xi \frac{d^2\xi}{dt^2} + \eta \frac{d^2\eta}{dt^2} - 2N\left(\xi \frac{d\eta}{dt} - \eta \frac{d\xi}{dt}\right) - N^2 r^2 + \frac{\mu}{r} = r \frac{\partial \Omega}{\partial r} \quad (32)$$

Aus der reinen Mechanik folgt aber:

$$\left(\frac{d\xi}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\eta}{dt}\right)^2 = \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + r^2 \left(\frac{dv}{dt}\right)^2$$

und weiter:

$$\xi \frac{d^2\xi}{dt^2} + \eta \frac{d^2\eta}{dt^2} + \left(\frac{d\xi}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\eta}{dt}\right)^2 = r \frac{d^2r}{dt^2} + \left(\frac{dr}{dt}\right)^2$$

woraus:

$$\xi \frac{d^2\xi}{dt^2} + \eta \frac{d^2\eta}{dt^2} = r \frac{d^2r}{dt^2} - r^2 \left(\frac{dv}{dt}\right)^2 \quad (33)$$

Setzt man (33) in (32) ein, so ergiebt sich mit Hinblick auf (30) und den Flächensatz:

$$\xi \frac{d\eta}{dt} - \eta \frac{d\xi}{dt} = r^2 \frac{dv}{dt}$$

die folgende Gleichung:

$$r \frac{d^2r}{dt^2} - (1 + \bar{g})^2 r^2 \left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \frac{\mu}{r} = r \frac{\partial \Omega}{\partial r}$$

oder mit Hinblick auf (31):

$$\frac{d^2r}{dt^2} - \frac{\bar{c}}{r^3} + \frac{\mu}{r^2} = \frac{\partial \Omega}{\partial r} \quad (34)$$

die zunächst der Form nach mit der zweiten der Gleichungen (26) identisch ist. Setzt man jetzt:

$$\bar{c} = c\,(1 + \bar{g})^2 \quad (35)$$

so wird zunächst Gleichung (31):

$$r^2 \frac{dv}{dt} = \sqrt{\bar{c}} \quad (36)$$

Offenbar ist aber:

$$\frac{dr}{dt} = \frac{dr}{dv} \cdot \frac{dv}{dt} = -\sqrt{c} \frac{d\frac{1}{r}}{dv}$$

mithin:

$$\frac{d^2r}{dt^2} = -\frac{c}{r^2}\frac{d^2\frac{1}{r}}{dv^2} - \frac{\sqrt{c}}{r^2}\frac{d\frac{1}{r}}{dv}\cdot\frac{d\sqrt{c}}{dv}$$

Durch Einsetzen dieses letzteren Werthes wird Gleichung (34):

$$\frac{d^2\frac{1}{r}}{dv^2} + \frac{1}{\sqrt{c}}\frac{d\sqrt{c}}{dv}\frac{d\frac{1}{r}}{dv} + \frac{(1+\bar{g})^2}{r} - \frac{\mu}{c} = -\frac{r^2}{c}\frac{\partial\Omega}{\partial r} \quad (37)$$

In Analogie mit den Kepler'schen Formen setzt nun Gyldén für den Radius vector:

$$r = \frac{a(1-\eta^2)}{1+\varrho} = \frac{(c)}{\mu(1+\varrho)} \quad (38)$$

wo η eine langperiodische Function und allgemein bestimmbar ist, wie ich in meiner Arbeit über den Typus $^2/_3$ ausführlich gezeigt habe; cfr. pag. 119 ibidem, wo dargelegt ist, wie η bei Integration der Differentialgleichung für die elementären Glieder der Form B erhalten wird. Ferner setzt Gyldén in Analogie mit dem Ausdruck:

$$r^2\frac{dv}{dt} = k\sqrt{(1+m)\,a\,(1+e^2)}$$

der die Flächengeschwindigkeit in der Ellipse repräsentirt:

$$r^2\frac{dv}{dt} = \frac{\sqrt{c}}{1+S}$$

so dass nach Gleichung (36):

$$\sqrt{c} = \frac{\sqrt{(c)}}{1+S} \quad (39a)$$

ist, wo S eine kleine Grösse darstellt und durch die eine der Gyldén'schen allgemeinen Differentialgleichungen, wie wir gleich sehen werden, definirt ist. Durch Differentation von (39a) erhält man:

$$\frac{1}{\sqrt{c}}\cdot\frac{d\sqrt{c}}{dv} = \frac{1}{\sqrt{(c)}}\cdot\frac{d\sqrt{(c)}}{dv} - \frac{1}{1+S}\cdot\frac{dS}{dv} \quad (40)$$

Aus (38) findet man aber:

$$\frac{1}{r} = \frac{\mu(1+\varrho)}{(c)}$$

$$\frac{d\frac{1}{r}}{dv} = \frac{\mu}{(c)}\left\{\frac{d\varrho}{dv} + \frac{\mu a(1+\varrho)}{(c)}\frac{d\eta^2}{dv}\right\}$$

$$\frac{d^2\frac{1}{r}}{dv} = \frac{\mu}{(c)}\left\{\frac{d^2\varrho}{dv^2} + \frac{2a\mu}{(c)}\frac{d\eta^2}{dv}\frac{d\varrho}{dv} + 2\frac{a^2\mu^2(1+\varrho)}{(c)^2}\left(\frac{d\eta^2}{dv}\right)^2 + \frac{a\mu(1+\varrho)}{(c)}\frac{d^2\eta^2}{dv^2}\right\}$$

Setzt man diese Werthe sowie den Werth von $\frac{1}{\sqrt{c}}\frac{d\sqrt{c}}{dv}$ aus Gleichung (40) in (37) ein, so ergiebt sich die allgemeine Gyldén'sche Differentialgleichung in ϱ zur Bestimmung des Radius vector:

$$r = \frac{a(1-\eta^2)}{1+\varrho}$$

nämlich:

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{d^2\varrho}{dv^2} - \left\{\frac{3}{2}\frac{1}{(c)}\cdot\frac{d(c)}{dv} + \frac{1}{1+S}\cdot\frac{dS}{dv}\right\}\frac{d\varrho}{dv} + \\
&+ \left\{(1+\bar{g})^2 + \frac{3}{2}\frac{1}{(c)^2}\left[\frac{d(c)}{dv}\right]^2 - \frac{1}{(c)}\frac{d^2(c)}{dv^2}\right\}\varrho = \\
&= -\frac{3}{2}\frac{1}{(c)^2}\left[\frac{d(c)}{dv}\right]^2 - \frac{1}{(c)}\frac{d(c)}{dv}\cdot\frac{1}{1+S}\cdot\frac{dS}{dv} + \\
&+ \frac{1}{(c)}\frac{d^2(c)}{dv^2} + (1+S)^2 - (1+\bar{g})^2 - \frac{(c)}{\mu a}(1+S)^2 . P.
\end{aligned}\right\} \quad (41)$$

In dieser allgemeinen Form (41), die in den Orbites absolues[1]) gegeben ist, muss man aber noch an Stelle von (c) vielmehr η einführen, wenn man die Gleichung für (ϱ) factisch der Integration in einem bestimmten Fall zu Grunde legen will. Setzt man:

$$(c) = \mu a(1-\eta^2)$$

in (41) ein, so erhält man zunächst:

$$\begin{aligned}
&\frac{d^2\varrho}{dv^2} - \left\{-\frac{3}{2}\frac{1}{1-\eta^2}\frac{d\eta^2}{dv} + \frac{1}{1+S}\cdot\frac{dS}{dv}\right\}\frac{d\varrho}{dv} + \\
&+ \left\{(1+\bar{g})^2 + \frac{3}{2}\frac{1}{(1-\eta^2)^2}\left(\frac{d\eta^2}{dv}\right)^2 + \frac{1}{1-\eta^2}\frac{d^2\eta^2}{dv^2} - \frac{1}{1-\eta^2}\frac{1}{1+S}\frac{dS}{dv}\frac{d\eta^2}{dv}\right\}\varrho = \\
&= -\frac{3}{2}\frac{1}{(1-\eta^2)^2}\left(\frac{d\eta^2}{dv}\right)^2 + \frac{1}{1-\eta^2}\frac{1}{1+S}\frac{dS}{dv}\frac{d\eta^2}{dv} \\
&- \frac{1}{1-\eta^2}\frac{d^2\eta^2}{dv^2} + (1+S)^2 - (1+\bar{g})^2 - (1-\eta^2)(1+S)^2 P.
\end{aligned}$$

Sofort wird nun aber abgeleitet werden die Beziehung:

$$-\frac{1}{1+S}\cdot\frac{dS}{dv} - \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{1-\eta^2}\frac{d\eta^2}{dv} = \frac{(1+S)^2}{1+\bar{g}}Q$$

---

[1]) cf. Orb. abs. pag. 516; wie man sieht steht in der Gleichung, die in den Orb. abs. für ϱ gegeben ist, infolge eines Druckversehens ein Glied zu viel.

Mit Rücksicht auf diese kann man offenbar zunächst den Factor von $\frac{d\varrho}{dv}$, indem man in demselben $\frac{1}{2}\frac{1}{1-\eta^2}\frac{d\eta^2}{dv}$ addirt und subtrahirt, so schreiben:

$$-2\frac{1}{1-\eta^2}\frac{d\eta^2}{dv}+\frac{1}{2}\frac{1}{1-\eta^2}\frac{d\eta^2}{dv}+\frac{1}{1+S}\cdot\frac{dS}{dv}=-\frac{2}{1-\eta^2}\frac{d\eta^2}{dv}-\frac{(1+S)^2}{1+\bar{g}}Q.$$

Im Factor von ϱ aber kann man das zweite und vierte Glied auf demselben Wege wie folgt transformiren:

$$\begin{aligned}&\frac{3}{2}\frac{1}{(1-\eta^2)^2}\left(\frac{d\eta^2}{dv}\right)^2-\frac{1}{1-\eta^2}\frac{1}{1+S}\cdot\frac{dS}{dv}\cdot\frac{d\eta^2}{dv}=\\&=\frac{2}{(1-\eta^2)^2}\left(\frac{d\eta^2}{dv}\right)^2-\frac{1}{2}\frac{1}{(1-\eta^2)^2}\left(\frac{d\eta^2}{dv}\right)^2-\frac{1}{1-\eta^2}\cdot\frac{1}{1+S}\cdot\frac{dS}{dv}\cdot\frac{d\eta^2}{dv}=\\&=\frac{2}{(1-\eta^2)^2}\left(\frac{d\eta^2}{dv}\right)^2+\frac{(1+S)^2}{(1+\bar{g})(1-\eta^2)}Q\left(\frac{d\eta^2}{dv}\right)^2\end{aligned}$$

Und genau so transformirt man die beiden ersten Glieder der rechten Seite. Dann geht die Gleichung in ϱ über in:

$$\begin{aligned}&\frac{d^2\varrho}{dv^2}+\left\{\frac{2}{1-\eta^2}\frac{d\eta^2}{dv}+\frac{(1+S)^2}{1+\bar{g}}Q\right\}\frac{d\varrho}{dv}\\&+\left\{(1+\bar{g})^2+\frac{2}{(1-\eta^2)^2}\left(\frac{d\eta^2}{dv}\right)^2+\frac{(1+S)^2}{(1+\bar{g})(1-\eta^2)}Q\left(\frac{d\eta^2}{dv}\right)^2+\frac{1}{1-\eta^2}\frac{d^2\eta^2}{dv^2}\right\}\varrho\\&=-\frac{2}{(1-\eta^2)^2}\left(\frac{d\eta^2}{dv}\right)^2-\frac{(1+S)^2}{(1+\bar{g})(1-\eta^2)}Q\frac{d\eta^2}{dv}-\frac{1}{1-\eta^2}\frac{d^2\eta^2}{dv^2}\\&+(1+S)^2-(1+\bar{g})^2-(1-\eta^2)(1+S)^2P\end{aligned}$$

oder definitiv:

$$\left.\begin{aligned}\frac{d^2\varrho}{dv^2}+(1+\bar{g})^2\varrho=&-\left\{\frac{2}{1-\eta^2}\frac{d\eta^2}{dv}+\frac{(1+S)^2}{1+\bar{g}}Q\right\}\frac{d\varrho}{dv}+(1+S)^2-(1+\bar{g})^2-(1-\eta^2)(1+S)^2P-\\&\left\{\frac{1}{1-\eta^2}\frac{d^2\eta^2}{dv^2}+\frac{2}{(1-\eta^2)^2}\left(\frac{d\eta^2}{dv}\right)^2+\frac{(1+S)^2}{(1+\bar{g})(1-\eta^2)}Q\frac{d\eta^2}{dv}\right\}(1+\varrho)\end{aligned}\right\}\quad(42)$$

Dies ist aber der Form nach genau die Gleichung, die sich im I. Kapitel (p. 14) meiner Untersuchungen für den Typus $^2/_3$ findet, mit der einzigen Ausnahme, dass jetzt noch die kleine Grösse $\bar{g}$ hinzugetreten ist, der allgemeineren Annahme über das Coordinatensystem entsprechend. Auf den ersten Blick erscheint die Gleichung (42) complicirt; in meiner Abhandlung über den Typus $^2/_3$ ist aber bis ins kleinste Detail zu Anfang des vierten Kapitels gezeigt, wie man erst die rechte Seite für einen bestimmten Planetentypus factisch als periodisches Aggregat bildet und wie

man die Differentialgleichung hierauf mittelst der Methode der unbestimmten Coefficienten integrirt, indem man durch partielle Integration der Variabilität von η und π und der Variabilität der Zeitreduction in den Argumenten Rechnung trägt. Alle diese Untersuchungen für die Differentialgleichungen in S und ϱ wie sie in meiner genannten Abhandlung durchgeführt sind, bleiben im Princip völlig und im Detail zum grössten Theil bestehen. Für die Differentialgleichung in ϱ setzt die horistische Methode erst bei den Gliedern dritten Grades ein, die dort im ersten Theil noch nicht behandelt worden sind. Aber die Bestimmung der langperiodischen Glieder in der Zeitreduction muss, wie wir sogleich sehen werden, bei Anwendung des horistischen Verfahrens in einer allerdings ganz anderen Weise als sie dort behandelt ist, durchgeführt werden. Und ferner darf man nicht von den zuvor erwähnten Differentialgleichungen (1) für S und ϱ ausgehen, wenn man Gyldén's letztem Standpunkt gemäss verfahren will, sondern hat um der rein periodischen Form der Lösung willen die Grösse $\bar{g}$ einzuführen, sodass die Ausführungen meiner genannten Arbeit auch in dieser Beziehung einer unschwer durchzuführenden Umarbeitung bedürfen, um auf den von Gyldén definitiv erreichten Standpunkt der absoluten Bahn gehoben zu werden.

Kehren wir nach dieser Bemerkung zu unserer jetzigen Darstellung zurück, so erhalten wir die Differentialgleichung für S sofort mit Hinblick auf die Gleichungen (29), (35) und (36), nämlich:

$$(1+\bar{g})\frac{1}{\sqrt{c}}\frac{d\sqrt{c}}{dv} = \frac{r^2}{c}\frac{\partial\Omega}{\partial v} = (1+S)^2\,Q$$

also durch Einsetzen in (40):

$$\frac{1}{\sqrt{(c)}}\frac{d\sqrt{(c)}}{dv} - \frac{1}{1+S}\cdot\frac{dS}{dv} = \frac{(1+S)^2}{1+\bar{g}}\,Q$$

oder wenn man η an Stelle von (c) einführt:

$$-\frac{1}{1+S}\frac{dS}{dv} = \frac{(1+S)^2}{1+\bar{g}}\,Q + \frac{1}{2}\frac{1}{1-\eta^2}\frac{d\eta^2}{dv} \qquad (43)$$

Das ist wieder genau die Gleichung für S in meiner citirten Abhandlung (cf. pag. 13) bis auf die Grösse $\bar{g}$.

Die Gleichungen (42) und (43) ersetzen nun aber das System (26) nicht vollständig, da jede der beiden Gleichungen des Systems (26) eine

Differentialgleichung zweiter Ordnung und zwar auch die Gleichung (42) in ϱ eine solche, die Gleichung (43) in S hingegen von der ersten Ordnung ist. Die Gleichung erster Ordnung, die zusammen mit den Gleichungen (42) und (43) das System (26) vollständig ersetzt, wird gegeben durch die Beziehung zwischen der Zeit t und der wahren Länge in der Bahn v in den Gyldén'schen Coordinaten. Nach Gleichung (36) war ja:

$$r^2 \frac{dv}{dt} = \sqrt{c}$$

Führt man nach Gyldén, wie bereits erwähnt, S ein durch die Definitionsgleichung:

$$\sqrt{c} = \frac{\sqrt{(c)}}{1+S}$$

so folgt hieraus:

$$\frac{dt}{dv} = \frac{r^2}{\sqrt{c}} (1+S)$$

oder wenn man mit Hinblick auf (38) für r den Werth ϱ einführt:

$$\frac{dt}{dv} = \frac{a^{3/2}}{\mu^{1/2}} \frac{(1-\eta^2)^{3/2}}{(1+\varrho)^2} (1+S) \quad (44)$$

Nun nimmt Gyldén an, dass die mittlere Entfernung a der von ihm definirten Bahn mit der Grösse n, welche in der Ellipse der mittleren täglichen Bewegung entspricht, durch dieselbe Relation verbunden sei, wie in der Kepler'schen Theorie und setzt also auch:

$$n = \frac{k\sqrt{1+m}}{a^{3/2}} \quad (45)$$

wo dieses n die wirkliche mittlere Bewegung in der Gyldén'schen Bahn darstellt, indem a nicht der elliptischen Halbaxe entspricht. Wir sehen hier also, wo wir den reinen Gyldén'schen Weg und die horistische Methode darstellen wollen, von den Brendel'schen Modificationen ab, nach denen die „Bewegungsconstante“ n von der wirklichen mittleren Bewegung n_1 unterschieden wird, was natürlich auch zulässig und praktisch sogar für begrenzte Zeit sehr verwerthbar ist, aber einen anderen Weg bezeichnet, der eine unbeschränkte Convergenz nicht liefern kann, da bei demselben T nicht durch eine horistische Differentialgleichung der Form (6) (cf. Vorbemerkungen), sondern durch eine Differentialgleichung der Form (4) definirt er-

scheint. Im Hinblick auf die fundamentale Definitionsgleichung (45) wird jetzt Gleichung (44):

$$n\frac{dt}{dv} = \frac{(1-\eta^2)^{3/2}}{(1+\varrho)^2}(1+S) \quad (46)$$

Wie in meinen erwähnten Untersuchungen am Beispiel des Typus $^2/_3$ im dritten und vierten Kapitel auf das eingehendste motivirt und ausgeführt ist, zerlegt nun Gyldén die Grösse ϱ in der Art, dass er setzt:

$$\varrho = (\varrho) + \delta\varrho$$

so dass:

$$r = \frac{a(1-\eta^2)}{1+(\varrho)+\delta\varrho}$$

ist, wo (ϱ) die elementären Glieder der Form B, $\delta\varrho$ die übrigen, d. h. die charakteristischen und grossen gewöhnlichen Störungsglieder enthält, und transformirt dann Gleichung (46) zunächst wie folgt:

$$n\frac{dt}{dv} = \frac{(1-\eta^2)^{3/2}}{[1+(\varrho)^2]^2}\,\frac{(1+S)}{\left[1+\frac{\delta\varrho}{1+(\varrho)}\right]^2}$$

wo der erste Factor offenbar der elliptischen Bewegung entspricht, der zweite für $S = \delta\varrho = 0$ aber gleich 1 wird. Diese letztere Gleichung zerlegt nun Gyldén noch weiter wie folgt:

$$n\frac{dt}{dv} = \frac{(1-\eta^2)^{3/2}}{[1+(\varrho)]^2} + \frac{(1-\eta^2)^{3/2}}{[1+(\varrho)]^2}\left\{\frac{(1+S)}{\left[1+\frac{\delta\varrho}{1+(\varrho)}\right]^2} - 1\right\} \quad (47)$$

Jetzt setzt Gyldén das erste Glied rechts gleich:

$$\frac{(1-\eta^2)^{3/2}}{[1+(\varrho)]^2} = n\frac{d\zeta}{dv} \quad (48)$$

und das zweite:

$$\frac{(1-\eta^2)^{3/2}}{[1+(\varrho)]^2}\left\{\frac{1+S}{\left[1+\frac{\delta\varrho}{1+(\varrho)}\right]^2} - 1\right\} = n\frac{dT}{dv} \quad (49)$$

so dass:

$$n\frac{dt}{dv} = n\frac{d\zeta}{dv} + n\frac{dT}{dv} \quad (50)$$

wird. In dieser Weise also zerlegt er die wirkliche Zeit t, da durch Integration von (50):

$$t = \zeta + T \quad (51)$$

folgt, wobei die Gleichung (48) die Definitionsgleichung für die von Gyldén sogenannte „reducirte“ Zeit ζ und die Gleichung (49) die Definitionsgleichung für die sogenannte „Zeitreduction“ T ist.

Die Berechnung der Zeitreduction T ist dabei sowohl deshalb erforderlich, weil (wie aus meiner Abhandlung über den Typus $^2/_3$ im Detail ersichtlich ist) dieselbe in den Argumenten der Integrale S und $\delta\varrho$ vorkommt, als auch deshalb, weil mittelst T dann aus der Relation:

$$t = \zeta + T$$

die wahre Zeit als Function von v gefunden wird, da ζ sich aus Gleichung (48) direkt als $\zeta(v)$ ergiebt, so dass:

$$t = \zeta(v) + T(v) = f(v) \quad (52)$$

und mithin auch:

$$v = \varphi(t) \quad (52a)$$

Die Zeitreduction T dient also unmittelbar zur Bestimmung der wahren Länge v als Function der Zeit.

Aus Gleichung (49) folgt nun direkt:

$$n\frac{dT}{dv} = (1-\eta^2)^{3/2}\left\{\frac{1+S}{[1+(\varrho)+\delta\varrho]^2} - \frac{1}{[1+(\varrho)]^2}\right\}$$

oder offenbar auch:

$$n\frac{dT}{dv} = \frac{(1-\eta^2)^{3/2}}{[1+(\varrho)]^2}\left\{S - \left[\frac{2\,\delta\varrho}{1+(\varrho)} - \frac{3\,\delta\varrho^2}{[1+(\varrho)]^2} + \ldots\right](1+S)\right\} \quad (53)$$

Nun ist aber, wie in meiner Abhandlung über den Typus $^2/_3$ ausführlich abgeleitet (cf. pag. 17):

$$\frac{(1-\eta^2)^{3/2}}{[1+(\varrho)]^2} = 1 - 2\eta\cos v + (^3/_2\eta^2 + \ldots)\cos 2v - \eta^3\cos 3v - \ldots$$

und weiter ist:

$$\frac{1}{1+(\varrho)} = \frac{1}{1+\eta\cos v} = 1 - \eta\cos v + \eta^2\cos^2 v - \eta^3\cos^3 v + \ldots$$

$$\cos^2 v = \frac{1+\cos 2v}{2}$$

$$\cos^3 v = \frac{\cos v + {}^1/_2\cos v + {}^1/_2\cos 3v}{2}$$

$$= {}^3/_4\cos v + {}^1/_4\cos 3v$$

. . . . . .

also:

$$\frac{(1-\eta^2)^{3/2}}{[1+(\varrho)]^3} = 1 + {}^3/_2\eta^2 - 3\eta(1+\eta^2)\cos v + 3\eta^3\cos 2v - {}^5/_2\eta^3\cos 3v + \ldots$$

$$\frac{(1-\eta^2)^{3/2}}{[1+(\varrho)]^4} = 1+{}^7/_2\eta^2-4\eta\cos v+5\eta^2\cos 2v-\ldots$$

Mithin wird Gleichung (53):

$$\left.\begin{aligned} n\frac{dT}{dv} = {} & \{\ 1-2\eta\cos v+{}^3/_2\eta^2\cos 2v-\eta^3\cos 3v+\ldots\ \}\ S \\ -2\ \{\ & 1+{}^3/_2\eta^2-3\eta(1+\eta^2)\cos v+3\eta^2\cos 2v-{}^5/_2\eta^3\cos 3v+\ldots\ \{\ \delta\varrho\ (1+S) \\ +3\ \{\ & 1+{}^7/_2\eta^2-4\eta\cos v+5\eta^2\cos 2v-\ldots\ \{\ \delta\varrho^2\ (1+S) \\ -4\ \{\ & 1-5\eta\cos v+\ldots\ \{\ \delta\varrho^3+\ldots \end{aligned}\right\} \quad (54)$$

Es kommt nun darauf an, die langperiodischen Glieder von den kurzperiodischen zu trennen und gesondert zu berechnen und dabei zu versuchen, die grossen Werthe, welche diese Glieder annehmen können, wenn sie sehr kleine Divisoren erhalten, d. h. die kritischen Glieder unschädlich zu machen. Bezeichnet man dazu den Inbegriff der Glieder, für welche der Coefficient von v hinlänglich kleine Werthe hat, so dass sie langperiodisch sind, mit $\bar{S}$ und setzt:

$$\delta\varrho = \bar{R} + \delta_1\varrho, \qquad R = 2S$$

so folgt aus (54):

$$n\frac{dT}{dv} = -3\bar{S}+6(1-\eta^2)^{3/2}(\varrho)\,\delta_1\varrho+S-\bar{S}-2\delta_1\varrho+\ldots$$

Fasst man nun in dieser Gleichung bloss das erste Glied ins Auge, was genügt, um die allgemeine Form des Resultates zu erkennen, differentirt sie und ersetzt $\frac{dS}{dv}$ durch seinen genäherten Werth:

$$\frac{d\bar{S}}{dv} = -Q-\frac{1}{2}\frac{d\eta^2}{dv}$$

so wird allgemein:

$$n\frac{d^2T}{dv^2} = 3Q+\frac{3}{2}\frac{d\eta^2}{dv}+\bar{Y}+Y \quad (55)$$

wo $\bar{Y}$ eine Reihe Glieder bezeichnet, die mit denen in $3\bar{Q}$ zu vereinigen sind, während Y den Inbegriff aller der Glieder bezeichnet die durch Ausführung der in (54) und (55) verlangten Operationen erhalten werden. Wie dabei im Allgemeinen die rechte Seite einer Gleichung wie der vorstehenden in einem bestimmten Fall wirklich zu bilden sein wird, geht aus dem vierten Kapitel meiner Untersuchungen über den Typus $^2/_3$, wo die rechten Seiten der Differentialgleichungen vollständig im Detail aus den elementären und charakteristischen Gliedern zusammengesetzt worden sind, zur Genüge hervor. Hier, wo es zunächst darauf ankommt, das Princip des horis-

tischen Verfahrens übersichtlich darzulegen, haben wir vorerst absichtlich verzichtet, gleich eine Anwendung auf einen bestimmten Fall zu geben, welche durch die weitläufigen Ausführungen vieler complicirten Details den Einblick in das Wesen der Methode zurückdrängen würde.

Jedenfalls setzen sich die rechten Seiten der Differentialgleichungen in S, ϱ, T, wie man aus dem dritten und vierten Kapitel meiner erwähnten Untersuchungen ersieht, aus periodischen Aggregaten zusammen, in deren Argumenten überall die Zeitreduction T auftritt (im Sinne der Brendel'schen Modification dort nur ihr langperiodischer Theil T_l, was aber nur durch die etwas andere Entwickelungsart der Störungsfunction bedingt und unwesentlich ist). Die allgemeine Form der Differentialgleichung (55) für die Zeitreduction wird dann, wenn man die auf der rechten Seite von (55) verlangten Operationen in einem beliebigen bestimmten Fall ausführt:

$$\frac{d^2T}{dv^2} = -A_0 \sin(G_0+s_0T) - X_1 - \Omega_1 \quad (56)$$

wobei die Functionen X_1 und Ω_1 bezüglich die langperiodischen charakteristischen und elementären Glieder bezeichnen, die ersteren indess für das Folgende ohne Bedeutung sind:

$$X_1 = A_1 \sin(G_1+s_1T) + A_2 \sin(G_2+s_2T) + \ldots$$
$$+ \left\{ A'_0 \sin(G_0+s_0T) + A'_1 \sin(G_1+s_1T) + \ldots \right\} \frac{dT}{dv}$$
$$\Omega_1 = a_1 \sin H_1 + a_2 \sin H_2 + \ldots$$

wo:

$$G_n = 2\lambda_n v + 2B_n \text{ und } H_n = \sigma_n v + b_n$$

ist. Von dieser Gleichung (56) aber kann man (cf. Vorbemerkungen) nicht sagen, dass sie eine convergente Lösung giebt und deshalb eben suchte Gyldén sie auf die Form einer horistischen Differentialgleichung zu bringen, von der wir sahen, dass sie eine gleichförmig convergente Lösung giebt, falls die Coefficienten der periodischen Agregate in der rechten Seite der Differentialgleiehung eine convergente Reihe bilden. Den äusserst complicirten, nach Herrn Backlund noch etwas zu erweiternden Weg, den Gyldén durch Einführung elliptischer Functionen zu diesem Zweck einschlägt, der den Hauptinhalt des horistischen Verfahrens zur Ermittelung der Zeitreduction und damit der wahren Länge in der Bahn bildet, werden wir jetzt im Detail darlegen, damit man sich von seiner Richtigkeit wirklich überzeugen kann.

III.

Die Lösung der allgemeinen Gyldén'schen Differentialgleichungen des Problems der drei Körper mittelst der horistischen Integrations-Methode.

A. Die Bestimmung der Länge in der Bahn.

Wir beginnen mit der Behandlung der Differentialgleichung der Zeitreduction:

$$\frac{d^2T}{dv^2} = -A_0 \sin(G_0 + s_0 T) - X_1 - \Omega_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

indem wir zunächst einmal annehmen, die Functionen X_1 und Ω_1 seien gleich Null. Bezeichnen wir mit Z_0 den Werth von T für diesen Fall und setzen:

$$s_0 A_0 = \alpha^2$$

so ist die Function Z_0 nach der Theorie der elliptischen Functionen bekanntlich direct ermittelbar und gegeben durch einen Ausdruck der Form:

$$G_0 + s_0 Z_0 = 2\,am\frac{2K}{\pi}(\lambda_0 v + B_0) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

woraus:

$$s_0 Z_0 = \frac{4q}{1+q^2}\sin G_0 + \frac{1}{2}\cdot\frac{4q^2}{1+q^4}\sin 2G_0 + \ldots \quad (3)$$

folgt. Hierbei ist vorausgesetzt, dass der Werth von λ_0 von Null verschieden, weshalb der Modul k kleiner als die Einheit ist. Bestimmt man den Modul auf Grund der Bedingung

$$\left(\frac{2K}{\pi}\right)k = \frac{a}{\lambda_0}$$

so ergiebt diese Gleichung, wenn $\frac{a}{\lambda_0}$ einen positiven endlichen Werth hat, stets eine Wurzel, die kleiner als 1 ist. Nun setzen wir mit Gyldén, um der Integration der wirklichen Gleichung (1) einen Schritt näher zu kommen:

$$T = Z_0 + \frac{2}{s_0}V_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

führen diesen Werth in Gleichung (1) ein:

$$\frac{d^2 Z_0}{dv^2} + \frac{2}{s_0}\frac{d^2 V_1}{dv^2} = -A_0 \sin(G_0 + s_0 Z_0 + 2V_1) - X_1 - \Omega_1$$

und subtrahiren hiervon:

$$\frac{d^2 Z_0}{dv^2} = -A_0 \sin(G_0 + s_0 Z_0)$$

So folgt:

$$\frac{2}{s_0}\frac{d^2 V_1}{dv^2} = A_0 \sin(G_0 + s_0 Z_0) - A_0 \sin(G_0 + s_0 Z_0 + 2V_1) - X_1 - \Omega_1$$

oder nach Potenzen von V_1 entwickelt:

$$\left.\begin{aligned}\frac{2}{s_0}\cdot\frac{d^2 V_1}{dv^2} = A_0 \sin(G_0 + s_0 Z_0) - A_0 \sin(G_0 + s_0 Z_0) - 2V_1 A_0 \cos(G_0 + s_0 Z_0) + \\ + \frac{4 V_1^2 A_0}{1\cdot 2}\sin(G_0 + s_0 Z_0) + \frac{8 V_1^3 A_0}{1\cdot 2\cdot 3}\cos(G_0 + s_0 Z_0) \pm \ldots - X_1 - \Omega_1\end{aligned}\right\} \quad (5)$$

Bedenkt man jetzt, dass:

$$G_0 + s_0 Z_0 = 2\,am\,\frac{2K}{\pi}(\lambda_0 v + B_0) \text{ und } \left(\frac{2K}{\pi}\right)^2 k^2 = \frac{s_0 A_0}{\lambda_0^2}$$

ist, setzt abgekürzt:

$$\frac{2K}{\pi}(\lambda_0 v + B_0) = \xi$$

woraus sich:

$$v = \frac{\pi}{2K\lambda_0}\xi - \frac{B_0}{\lambda_0} \text{ und } k^2 = s_0 A_0 \left(\frac{\pi}{2K\lambda_0}\right)^2$$

ergiebt, so nimmt die zu integrirende Differentialgleichung (1) der Zeitreduction folgende Form an:

$$\left.\begin{aligned}\frac{d^2 V_1}{d\xi^2} + k^2\cos(2\,am\,\xi)V_1 - k^2\sin(2\,am\,\xi)V_1^2 - {}^2/_3 k^2\cos(2\,am\,\xi)V_1^3 \pm \ldots \\ = -X - \Omega \text{ wo: } X = \frac{s_0}{2\lambda_0^2}\left(\frac{\pi}{2K}\right)^2 X_1 \text{ und } \Omega = \frac{s_0}{2\lambda_0^2}\left(\frac{\pi}{2K}\right)^2 \Omega_1\end{aligned}\right\} \quad (6)$$

Angenommen jetzt, man integrirte diese Differentialgleichung in erster Näherung, indem man die übrigen Glieder derselben, die höhere Potenzen von V_1 enthalten, zunächst Null setzte, so erhielt man die berühmte Lamé'sche Differentialgleichung:

$$\frac{d^2 V_1}{d\xi^2} + k^2\cos(2\,am\,\xi)V_1 = \Xi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

in einem der Fälle, wo man dieselbe mittelst doppelt periodischer Functionen

erster Gattung integriren kann. Das Integral dieser Gleichung ist bekanntlich:[1])

$$V_1 = c_1\, dn\,\xi + c_2\, dn\,\xi \left[\frac{\Theta_1'(\xi)}{\Theta_1(\xi)} + \frac{E}{K}\xi\right] + dn\,\xi \int \frac{d\xi}{(dn\xi)^2} \int \Xi\, dn\xi\, d\xi \quad (8)$$

eine Integration, die wir hier indess nicht ableiten, da, wie wir gleich sehen werden, die Gleichung (7) keinen entsprechenden Ausgangspunkt zur Integration der Gleichung (6) sive (1) bietet. Aus dem Integral (8), in dem E das vollständige elliptische Integral zweiter Gattung, $\Theta_1(\xi)$ die Jacobi'sche Theta-Function, dem Argument $\xi—K$ entsprechend, c_1 und c_2 zwei Integrationsconstanten bedeuten, ist nämlich ersichtlich, dass die Function V_1 Glieder enthalten muss, deren Coefficienten das Quadrat eines kleinen Divisors als Nenner enthalten, welches offenbar in der durch das zweite Glied der Gleichung (8) geforderten Quadratur seinen Ursprung hat, vorausgesetzt, dass in Ξ Glieder sehr langer Periode vorkommen. Durch fortgesetzte Annäherungen würde man also auf dem eingeschlagenen Wege Glieder finden, deren Nenner mit immer höheren und höheren Potenzen der kleinen Divisoren, welche Potenzen also immer kleiner würden, multiplicirt wären, sodass die Glieder selbst immer grösser würden, wodurch man offenbar auf divergente Entwickelungen geführt würde. Um nun derartige Entwickelungen zu vermeiden und vielmehr zu einer convergenten Lösung zu gelangen, bedarf es eines ganz anderen Ausgangspunktes als desjenigen, welchen eine Lamé'sche Differentialgleichung der Form (7) gewährt. Dieser neue, befriedigende Ausgangspunkt wird vielmehr durch eine „horistische" Differentialgleichung von der in den Vorbemerkungen erwähnten Form (6) gewonnen. „Wie gross indessen die Schwierigkeiten sind, einen solchen neuen Ausgangspunkt zu finden" (d. h. eben von der Gleichung (1) auf eine horistische Differentialgleichung zu gelangen), sagt Gyldén selbst im Vorwort zu seinen Hülfstafeln, „kann man aus den

[1]) cf. auch Gyldén: Undersökningar af theorien för himlakropparnas rörelser. I, No. 24, 28. Bihang till K. Sv. Vet. Acad. Handl. Bd. 6, No. 8 („Untersuchungen zur Theorie der Bewegung der Himmelskörper". Die vom Verfasser vorliegender Abhandlung ausgeführte deutsche Uebersetzung dieses übrigens grossentheils veralteten Gyldén'schen Werkes befindet sich im Besitz Herrn Professor Seeligers.

cf. auch Hermite: Sur quelques applications des fonctions elliptiques. Comptes rendus, 1877 2:e semestre.

Bemühungen erkennen, über die in den „Nouvelles recherches“[1]) § 6 berichtet worden ist. Wiewohl die dort gefundenen Resultate, durch spätere Rechnungen revidirt, als richtig befunden sind, und also ohne weiteres den gesuchten neuen Ausgangspunkt ergeben könnten, erscheint es doch sehr wünschenswerth, einen solchen in weniger complicirter Weise, durch weniger schwer zu übersehende Rechnungen zu gewinnen. Zu diesem Zwecke stehen mir nun seit einiger Zeit verschiedene Auswege offen, und ich werde jetzt (d. h. im Vorwort zu den Hülfstafeln) denjenigen derselben einschlagen, der wie es scheint in kürzester Weise zum Ziele führt, wiewohl das somit zu erreichende Resultat nicht das denkbar günstigste sein dürfte“. Die Hauptzüge dieses letztgenannten abgekürzten Verfahrens finden sich zuerst in den Comptes rendus der Pariser Akademie[2]) angedeutet.

Auf dieses von Gyldén selbst in zweite Linie gestellte Verfahren werden wir hier indess nicht eingehen, zumal es nicht ausgeschlossen ist, was hier jedoch nicht näher untersucht werden soll, dass bei demselben sich in der dann resultirenden Differentialgleichung:

$$\frac{d^2Y}{dx^2} - r_2 Y \frac{dY}{dx} - r_1 g . Y = -W.$$

die horistischen Coefficienten r_1 und r_2 im Verlaufe der Annäherungen heben, sodass das Resultat illusorisch und die Differentialgleichung nur scheinbar eine horistische, in Wahrheit aber von der in den Vorbemerkungen erwähnten Form (4) wäre. Wir wollen hier vielmehr eine Untersuchung des eigentlichen strengen Weges, der in den „Nouvelles recherches“ eingeschlagen ist, vornehmen und unter Ausführung aller Zwischenbetrachtungen, sowie der Verbesserung einiger kleiner, principiell gar nicht in Betracht kommender Rechenversehen in den analytischen Entwickelungen Gyldén's, endlich durch Ausführung einer von Herrn Backlund vorgeschlagenen Erweiterung der Endentwickelungen Gyldéns darlegen, wie Gyldén in der That zu einer horistischen Differentialgleichung an Stelle der Differentialgleichung (1) für die Zeitreduction und somit wirklich zu einer convergenten Lösung allgemein gelangt. Die eigentliche Schwierig-

[1]) Gyldén, Nouvelles recherches sur les séries employées dans les théories des planètes. Acta Mathematica, XV, 1891, 65; XVII, 1892, 1.

[2]) T. CXXII: 27 Janv. et 9 Mars 1896.

keit besteht eben in dieser Transformation der Differentialgleichung (1) auf die horistische Form, deren Integration selbst ja einfach ist.

Indem wir von Gleichung (5) ausgehen, dividiren wir dieselbe durch λ_0, setzen:

$$\lambda_0 v + B_0 = x$$

$$\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2 k^2 = \frac{s_0 A_0}{\lambda_0{}^2}\left\{1 - \frac{4h_2}{1\cdot 2} + \frac{16h_4}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4} - \cdots\right\} = \frac{s_0 A_0}{\lambda_0{}^2}(1-2h_2)$$

und erhalten:

$$\left.\begin{aligned}\frac{d^2V_1}{dx^2} = &-\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2 \frac{k^2}{1-2h_2}\, cn\ 2am\frac{2K}{\pi}x\,.\,V_1\\ &+\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2 \frac{k^2}{1-2h_2}\, sn\ 2am\frac{2K}{\pi}x\,.\,V_1{}^2\\ &+\frac{2}{3}\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2 \frac{k^2}{1-2h_2}\, cn\ 2am\frac{2K}{\pi}x\,.\,V_1{}^3\\ &-\frac{s_0}{2\lambda_0{}^2}(X_1+\Omega_1)\end{aligned}\right\} \quad (9)$$

Nun führen wir eine neue Variable z ein mittelst der Gleichung:

$$V_1 = \frac{2K}{\pi}\, dn\frac{2K}{\pi}x\,.\,z \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

so folgt zunächst durch zweimalige Differentation:

$$\left.\begin{aligned}\frac{d^2V_1}{dx^2} = &\frac{2K}{\pi}dn\frac{2K}{\pi}x\,.\,\frac{d^2z}{dx^2}\\ &-2k^2\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2 sn\frac{2K}{\pi}x\, cn\frac{2K}{\pi}x\cdot\frac{dz}{dx}\\ &-k^2\left(\frac{2K}{\pi}\right)^3 \cos 2am\frac{2K}{\pi}x\, dn\frac{2K}{\pi}x\,.\,z\end{aligned}\right\} \quad (11)$$

Nun ist:

$$\frac{d\,dn\,u}{du} = -k^2\, sn\,u\, cn\,u$$

$$\frac{d^2\,dn\,u}{du^2} = -k^2\, cn\,u\, cn\,u\, dn\,u + k^2\, sn\,u\, sn\,u\, dn\,u$$

$$= -h^2 \cos 2am\,u\,.\,dn\,u$$

Durch Einsetzen der Werthe (10) und (11) in Gleichung (9) wird dieselbe:

$$\frac{d^2z}{dx^2} = k^2\frac{2K}{\pi}\,\frac{\sin 2am\frac{2K}{\pi}x}{dn\frac{2K}{\pi}x}\cdot\frac{dz}{dx} + k^2\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2 \cos 2am\frac{2K}{\pi}x\,.\,z -$$

$$-\frac{k^2}{1-2h_2}\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2\cos 2am\frac{2K}{\pi}x\,.\,z+\frac{k_2}{1-2h_2}\left(\frac{2K}{\pi}\right)^3\sin 2am\frac{2K}{\pi}x\,dn\frac{2K}{\pi}x\,.\,z^2$$

$$-\frac{k^2h_2}{1-2h_2}\frac{2K}{\pi}\frac{\sin 2am\frac{2K}{\pi}x}{dn\frac{2K}{\pi}x}+\frac{2}{3}\frac{k^2}{1-2h_2}\left(\frac{2K}{\pi}\right)^4\cos 2am\frac{2K}{\pi}x\left(dn\frac{2K}{\pi}x\right)^2.z^3+\ldots$$

$$-\frac{s_0}{2\lambda_0^2}\frac{\pi}{2K\,dn\frac{2K}{\pi}x}(X_1+\Omega_1)$$

oder:

$$\left.\begin{aligned}\frac{d^2z}{dx^2}=&\frac{2K}{\pi}k^2\frac{\sin 2am\frac{2K}{\pi}x}{dn\frac{2K}{\pi}x}\cdot\frac{dz}{dx}-2\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2k^2\frac{h^2}{1-2h_2}\cos 2am\frac{2K}{\pi}x\,.\,z\\&+\left(\frac{2K}{\pi}\right)^3\frac{k^2}{1-2h_2}\sin 2am\frac{2K}{\pi}x\,dn\frac{2K}{\pi}x\,.\,z^2-\frac{2K}{\pi}k^2\frac{h_2}{1-2h_2}\frac{sn\,2am\frac{2K}{\pi}x}{dn\frac{2K}{\pi}x}\\&+\frac{2}{3}\left(\frac{2K}{\pi}\right)^4\frac{k^2}{1-2h_2}\cos 2am\frac{2K}{\pi}x\left(dn\frac{2K}{\pi}x\right)^2.z^3+\ldots\\&-\Omega'.\end{aligned}\right\}\quad(12)$$

Wir stellen uns zunächst die Aufgabe, die Coefficienten dieser Gleichung mittelst elliptischer Functionen zu entwickeln.

Nach der Theorie der elliptischen Funktionen wird dazu:

$$2\frac{K}{\pi}k^2\frac{\sin 2am\frac{2K}{\pi}x}{dn\frac{2K}{\pi}x}=16q\{(1+q^2)\sin 2x+q^2\sin 6x+\ldots\}\quad\ldots(13)$$

$$\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2k^2=16q\,(1+q^2+q^6+\ldots)^4=16q\,(1+4q^2)\quad\ldots(13a)$$

$$\cos am\frac{2K}{\pi}x=\frac{\cos x+q^2\cos 3x}{1-2q\cos 2x}\cdot\frac{1-2q}{1+q^2}=\frac{\cos x+q^2\cos 3x}{1-2q\cos 2x}(1-2q-q^2+2q^3)\quad(14)$$

$$\left.\begin{aligned}\sin am\frac{2K}{\pi}x=&\frac{\sin x-q^2\sin 3x}{1-2q\cos 2x}\cdot\frac{1-2q}{1-3q^2}(1+2q)^2=\\=&\frac{\sin x-q^2\sin 3x}{1-2q\cos 2x}(1+2q-q^2-2q^3)\end{aligned}\right\}\quad(15)$$

Indem wir (14) und (15) quadriren und subtrahiren, folgt:

$$\cos 2am\frac{2K}{\pi}x=\frac{1}{(1-2q\cos 2x)^2}\left\{\begin{matrix}(\cos x+q^2\cos 3x)^2\,.\,(1-4q+2q^2+8q^3)\\-(\sin x-q^2\sin 3x)^2\,.\,(1+4q+2q^2-8q^3)\end{matrix}\right\}$$

$$= \frac{1}{(1-2q\cos 2x)^2}\{\cos 2x(1+2q^2)-4q(1-2q^2)+2q^2\cos 2x-8q^3\cos 4x\}$$
$$= \{\cos 2x-4q+4q^2\cos 2x+8q^3(1-\cos 4x)\}\times$$
$$\times\{1+4q\cos 2x+6q^2(1+\cos 4x)+8q^3(3\cos 2x+\cos 6x)\}$$
$$= \cos 2x-4q+4q^2\cos 2x \qquad +8q^3(1-\cos 4x)$$
$$+\ 2q(1+\cos 4x)-16q^2\cos 2x \qquad +8q^3(1+\cos 4x)$$
$$+3q^2(3\cos 2x+\cos 6x)-24q^3(1+\cos 4x)$$
$$+4q^3(3+4\cos 4x+\cos 8x)$$

oder definitiv:

$$\cos 2am\frac{2K}{\pi}x = \cos 2x+2q(-1+\cos 4x)+q^2(-3\cos 2x+3\cos 6x)+ \\ +4q^3(1-2\cos 4x+\cos 8x) \qquad (16)$$

Durch Multiplication von Gleichung (13α) und (16) aber ergiebt sich:

$$\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2 k^2\cos 2am\frac{2K}{\pi}x = 16q\{\cos 2x+2q(-1+\cos 4x)+ \\ +q^2(-3\cos 2x+3\cos 6x)+4q^3(1-2\cos 4x+\cos 8x) \\ +4q^2\cos 2x \qquad +3q^3(-1+\cos 4x)\} \qquad (17)$$

wo sich also rechts noch Glieder fortheben.

In einer grossen störungstheoretischen Arbeit,[1]) die den „Nouvelles recherches“ lange vorausgeht, leitet nun Gyldén die folgenden Relationen ab, die für das Folgende auch eine Voraussetzung bilden:

$$\frac{2K}{\pi}k\sin am\frac{2K}{\pi}x = 4\sqrt{q}\left\{\frac{\sin x}{1-q}+\frac{q}{1-q^3}\sin 3x+\frac{q^2}{1-q^5}\sin 5x+\frac{q^3}{1-q^7}\sin 7x+\ldots\right\} \qquad (18)$$

$$2\frac{K}{\pi}k\cos am\frac{2K}{\pi}x = 4\sqrt{q}\left\{\frac{\cos x}{1+q}+\frac{q}{1+q^3}\cos 3x+\frac{q^2}{1+q^5}\cos 5x+\frac{q^3}{1+q^7}\cos 7x+\ldots\right\} \qquad (19)$$

$$2\frac{K}{\pi}\triangle am\frac{2K}{\pi}x = 1+\frac{4q}{1+q^2}\cos 2x+\frac{4q^2}{1+q^4}\cos 4x+\frac{4q^3}{1+q^6}\cos 6x+\ldots \qquad (20)$$

Multiplicirt man (18) und (19) und dividirt mit (20) so folgt:

$$2\frac{K}{\pi}k^2\frac{\sin 2am\frac{2K}{\pi}x}{\triangle am\frac{2K}{\pi}x} = -2\frac{\frac{d}{dx}\triangle am\frac{2K}{\pi}x}{\triangle am\frac{2K}{\pi}x} =$$

$$= 16q\,\frac{\frac{1}{1+q^2}\sin 2x+\frac{2q}{1+q^4}\sin 4x+\frac{3q^2}{1+q^6}\sin 6x+\frac{4q^3}{1+q^8}\sin 8x+\ldots}{1+\frac{4q}{1+q^2}\cos 2x+\frac{4q^2}{1+q^4}\cos 4q+\frac{4q^3}{1+q^6}\cos 6x+\ldots}$$

[1]) Gyldén. Studien auf dem Gebiete der Störungstheorie. Mémoires de l'Académie impériale des Sciences de St. Pétersbourg, VIIe Série, Tome XVI, No. 10.

$$= 16q\,\frac{(1-q^2)\sin 2x + 2q\sin 4x + 3q^2\sin 6x + 4q^3\sin 8x + \ldots}{1 + 4q\,(1-q^2)\cos 2x + 4q^2\cos 4x + 4q^3\cos 6x + \ldots}$$

$$= 16q\,\{\sin 2x + 2q\sin 4x + q^2(-\sin 2x + 3\sin 6x) + 4q^3\sin 8x + \ldots\} \times$$
$$\times\,\{1 + 4q\cos 2x + 4q^2\cos 4x + 4q^3(-\cos 2x + \cos 6x) + \ldots\}^{-1}$$

$$= 16q\,\{(1+q^2)\sin 2x + q^2\sin 6x + \text{Glieder in } q^4 \text{ etc.}\}$$

also:

$$2\frac{K}{\pi}k^2\,\frac{\sin 2\,am\frac{2K}{\pi}x}{\triangle\, am\frac{2K}{\pi}x} = 16q\,\{\sin 2x + q^2(\sin 2x + \sin 6x) + \ldots\} \quad (21)$$

Durch Multiplication von (18), (19) und (20) aber ergiebt sich:

$$\left(\frac{2K}{\pi}\right)^3 k^2 \sin 2\,am\frac{2K}{\pi}x \triangle\, am\frac{2K}{\pi}x =$$
$$= 16q\,\{\sin 2x + 2q\sin 4x + q^2(-\sin 2x + 3\sin 6x) + 4q^3\sin 8x$$
$$+ 2q\sin 4x + 4q^2(\sin 2x + \sin 6x) + 2q^3(2\sin 4x + 3\sin 8x)$$
$$+ 2q^2(-\sin 2x + \sin 6x) + 4q^3\sin 8x$$
$$+ 2q^3(-2\sin 4x + \sin 8x)$$
$$= 16q\,\{\sin 2x + 4q\sin 4x + q^2(\sin 2x + 9\sin 6x) + 16q^3\sin 8x + \ldots\} \quad (22)$$

Schliesslich findet man durch Quadriren von (20):

$$\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2\left(\triangle\, am\frac{2K}{\pi}x\right)^2 = 1 + 8q\cos 2x + 8q^2(1 + 2\cos 4x) + 8q^3(\cos 2x + \cos 6x) + \ldots \quad (23)$$

Multiplicirt man jetzt (21) und (23), so erhält man:

$$\left(\frac{2K}{\pi}\right)^3 k^2 \sin 2\,am\frac{2K}{\pi}x \triangle am\frac{2K}{\pi}x =$$
$$= 16q\,\{\sin 2x + 4q\sin 4x + 8q^2\sin 6x + 4q^3(\sin 4x - 3\sin 4x + 3\sin 8x)$$
$$+ q^2(\sin 2x + \sin 6x) + 4q^3(\sin 4x + \sin 4x + \sin 8x)\}$$
$$= 16q\,\{\sin 2x + 4q\sin 4x + q^2(\sin 2x + 9\sin 6x) + 16q^3\sin 8x + \ldots\}$$

d. i. wieder Gleichung (22), wodurch wir uns also eine vollständige Controle der vorstehenden Entwickelungen verschafft haben.

Quadriren wir jetzt Gleichung (19) und ziehen davon das Quadrat von (18) ab, so folgt:

$$\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2 k^2\cos 2\,am\frac{2K}{\pi}x =$$
$$= 16q\cos 2x + 32q^2(-1 + \cos 4x) + 16q^3(\cos 2x + 3\cos 6x) + 64q^4(-1 + \cos 8x) + \ldots$$
$$= 16q\,\{\cos 2x + 2q(-1 + \cos 4x) + q^2(\cos 2x + 3\cos 6x) + 4q^3(-1 + \cos 8x) + \ldots \quad (24)$$

Schliesslich erhält man durch Multiplication der Gleichungen (23) und (24):

$$\left(\frac{2K}{\pi}\right)^4 k^2\cos 2\,am\frac{2K}{\pi}x\left(\triangle\, am\frac{2K}{\pi}x\right)^2 =$$

$$
\begin{aligned}
= 16q\,\{&\cos 2x + 2q(-1+\cos 4x) + q^2(\cos 2x + 3\cos 6x) && + 4q^3(-1+\cos 8x)\\
&+ 4q(1+\cos 4x) + 8q^2(-2\cos 2x + \cos 2x + \cos 6x) && + 4q^3(1+\cos 4x + 3\cos 4x + 3\cos 8x)\\
&+ 8q^2\cos 2x && + 16q^3(-1+\cos 4x)\\
&+ 8q^2(\cos 2x + \cos 6x) && + 16q^3(-2\cos 4x + 1 + \cos 8x)\\
& && + 4q^3(1+\cos 4x + 3\cos 4x + 3\cos 8x)
\end{aligned}
$$

oder:

$$
\left.
\begin{aligned}
&\left(\frac{2K}{\pi}\right)^4 k^2 \cos 2\,am\frac{2K}{\pi}x\left(\triangle am\frac{2K}{\pi}x\right)^2 =\\
&= 16q\,\{\cos 2x + 2q(1+3\cos 4x) + q^2(9\cos 2x + 19\cos 6x) + 4q^3(1+4\cos 4x + 11\cos 8x) + \ldots\}
\end{aligned}
\right\} \quad (25)
$$

Hiermit ist die zuvor gestellte Aufgabe der Entwickelung der Coefficienten der Gleichung (12) vollständig gelöst, indem das erste, zweite, dritte, vierte, fünfte Glied der rechten Seite hinsichtlich des Coefficienten offenbar durch die Entwickelungen (21) bezüglich (24), (22), (21) mal $\frac{h_2}{1-2h_2}$ und (25) gegeben ist, sodass Gleichung (12) zunächst die folgende Form annimmt:

$$
\left.
\begin{aligned}
&\frac{d^2z}{dx^2} = 16q\left\{(1+q^2)\sin 2x + q^2\sin 6x\right\}\left\{\frac{dz}{dx} - \frac{h_2}{1-2h_2}\right\}\\
&-\frac{2h_2}{1-2h_2}\,16q\,\{\cos 2x + 2q(-1+\cos 4x) + q^2(\cos 2x + 3\cos 6x) + 4q^3(-1+\cos 8x)\}\,.\,z\\
&+\frac{1}{1-2h_2}\,16q\,\{\sin 2x + 4q\sin 4x + q^2(\sin 2x + 9\sin 6x) + 16q^3\sin 8x\}\,.\,z^2\\
&+\frac{2}{3}\frac{1}{1-2h_2}\,16q\,\{\cos 2x + 2q(1+3\cos 4x) + q^2(9\cos 2x + 19\cos 6x) + 4q^3(1+4\cos 4x + 11\cos 8x)\}\,.\,z^3\\
&-\Omega'
\end{aligned}
\right\} \quad (26)
$$

Hier sei darauf hingewiesen, dass Gyldén bei dieser Differentialgleichung ebenso wie bei der Differentialgleichung, die zur Bestimmung des Radius Vector dient, von vorneherein die Glieder dritten Grades mitnimmt, da man nur so einen Ausgangspunkt gewinnt, der auf die horistische Form und damit zu convergenten Entwickelungen führt. Hören wir, was er selbst über diesen Punkt sagt (cf. Orbites absolues Seite 497);

„En abordant les approximations successives (pour obtenir les intégrales des équations semblables à celles que nous allons établir dans le livre suivant) par l'intégration dune équation linéaire ou bien, ce qui revient au même, d'un système d'équations linéaires, on n'arrivera pas toujours à des résultats satisfaisants. Et même, si en partant d'un résultat obtenu par l'intégration d'un tel système, on continue, d'une manière consequente, les

approximations successives, *on tombera tôt ou tard sur les développements divergents. Il en est autrement quand on commence par l'intégration d'un système d'équations, chacune du troisième degré: on pourra alors, sauf dans des cas exceptionnels, réduire de telles équations à des équations linéaires et horistiques, après quoi on arrivera, en les intégrant, à de véritables approximations. Ayant obtenu des résultats de cette qualité, on déduira de proche en proche les expressions des quantités cherchées avec une exactitude aussi grande q'uon voudra.*

Voilà la raison pourquoi j'ai donné beaucoup de soins à mettre en évidence les termes du troisième degré: ils devront dès l'abord entrer dans les équations différentielles, et il importe de les avoir mis sous la forme la plus convenable".

Nun transformiren wir Gleichung (26) noch weiter durch Einführung der neuen Variabeln u an Stelle von x, indem wir setzen:

$$dx = \frac{K}{E}\left(dn\,\frac{2K}{\pi}\,u\right)^2 du \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (27)$$

dann wird:

$$\frac{dz}{dx} = \frac{dz}{du}\cdot\frac{1}{\frac{K}{E}\left(dn\,\frac{2K}{\pi}\,u\right)^2}$$

$$\frac{d^2z}{dx^2} = \frac{1}{\frac{K^2}{E^2}\left(dn\,\frac{2K}{\pi}\,u\right)^4}\left\{\frac{d^2z}{du^2} + \frac{2K}{\pi}k^2\,\frac{sn\;2am\,\frac{2K}{\pi}u}{dn\,\frac{2K}{\pi}u}\,\frac{dz}{du}\right\}$$

und Gleichung (26) geht über in die folgende:

$$\begin{aligned}\frac{d^2z}{du^2} = {} & \left\{-\frac{2K}{\pi}k^2\,\frac{\sin 2am\,\frac{2K}{\pi}u}{dn\,\frac{2K}{\pi}u} + 16q\left[(1+q^2)\sin 2x + q^2\sin 6x\right]\frac{K}{E}\left(dn\,\frac{2K}{\pi}\,u\right)^2\right\}\frac{dz}{du} \\ & + \frac{K^2}{E^2}\left(dn\,\frac{2K}{\pi}\,u\right)^4\Big\{-16h_2q\left[(1+q^2)\sin 2x + q^2\sin 6x\right] - \\ & - 32h_2q\left[\cos 2x + 2q(-1+\cos 4x) + q^2(\cos 2x + 3\cos 6x) + 4q^3(-1+\cos 8x)\right]z + \\ & + 16q\left[\sin 2x + 4q\sin 4x + q^2(\sin 2x + 9\sin 6x) + 16q^3\sin 8x\right]z^2 + \\ & + \frac{32}{3}q\left[\cos 2x + 2q(1+3\cos 4x) + q^2(9\cos 2x + 19\cos 6x) + 4q^3(1+4\cos 4x + 11\cos 8x)\right]z^3 + \ldots \\ & - \Omega''\end{aligned} \quad (28)$$

Aus der Theorie der elliptischen Functionen siud nun aber die Entwickelungen bekannt:

$$\frac{\pi}{2K} = 1 - 4q + 12q^2 - 32q^3 + 76q^4 - \ldots$$

$$\frac{\pi}{2E} = 1 + 4q - 4q^2 - 32q^3 + 44q^4 + \ldots$$

woraus:

$$\frac{\pi^2}{4EK} = 1 - 8q^2 + 72q^4 - \ldots \quad (29)$$

folgt. Durch Multiplication dieser Gleichung mit Gleichung (23), so erhält man:

$$\frac{K}{E}\left(dn\frac{2K}{\pi}u\right)^2 = 1 + 8q(1-7q^2)\cos 2u + 16q^2\cos 4u + 24q^3\cos 6u + \ldots \quad (30)$$

Nun berechnet man die Grösse x durch Integration von:

$$dx = \{1 + 8q(1-7q^2)\cos 2u + \ldots\}\, du$$

also:

$$x = u + 4q(-7q^2)\sin 2u + \ldots$$

und bildet den Sinus bezüglich Cosinus von $2x, 4x \ldots$ Diese Operationen sehen wir als vollzogen an und transformiren jetzt die Coefficienten der Gleichung (28) mit Hinblick auf Gleichung (30) und (13). Um zunächst den Coefficienten von $\frac{dz}{du}$ zu erhalten findet man:

$$\left.\begin{aligned}(1+q^2)\sin 2x + q^2\sin 6x &= \sin 2u + 4q\sin 4u + q^2(-19\sin 2u + 12\sin 6u) + q^2\sin 6u + \\ &\quad + q^3\left(-\frac{22}{3}\sin 4u + \frac{92}{3}\sin 8u\right) \\ &\quad + 12q^3(-\sin 4u + \sin 8u) \\ &= \sin 2u + 4q\sin 4u + q^2(-19\sin 2u + 13\sin 6u) + q^3\left(-\frac{256}{3}\sin 4u + \frac{128}{3}\sin 8u\right)\end{aligned}\right\} \quad (31)$$

Durch Multiplication dieses Werthes mit Gleichung (30) und Addition von (13) ergiebt sich als:

$$\text{Coefficient von } \frac{dz}{du} = 16q^2\left\{8\sin 4u + q(-12\sin 2u + 36\sin 6u) + q^2\left(-\frac{448}{3}\sin 4u + \frac{416}{3}\sin 8u\right)\right\}$$

Quadrirt man Gleichung (30) und multiplicirt den so erhaltenen Werth mit Gleichung (31), so erhält man das Absolutglied, wobei wir die Multiplication mit $-16h_2q$ nicht ausführen:

$$\{(+q^2)\sin 2x+q^2\sin 6x\}\frac{K^2}{E^2}\left(dn\frac{2K}{\pi}u\right)^4=$$

$$=\sin 2u+4q\sin 4u+q^2(-19\sin 2u+13\sin 6u)+q^3\left(-\frac{256}{3}\sin 4u+\frac{128}{3}\sin 8u\right)+\ldots$$

$$\begin{aligned}&+8q\sin 4u+32q^2(\sin 2u+\sin 6u) && +8q^3(-19\sin 4u+13\sin 4u+13\sin 8u)\\ &\quad +32q^2\sin 2u && +128q^3\sin 4u\\ &\quad +32q^2(-\sin 2u+\sin 6u) && +128q^3\sin 8u\\ &&& +8q^3(\sin 4u-11\sin 4u+11\sin 8u)\end{aligned}$$

$$=\sin 2u+12q\sin 4u+q^2(13\sin 2u+77\sin 6u)+q^3\left(-\frac{256}{3}\sin 4u+\frac{1088}{3}\sin 8u\right)$$

Setzt man weiter im Coefficienten von z die Werthe von $\cos 2x$, $\cos 4x$ etc. ein und multiplicirt aus, so findet man:

$$(1+q^2)\cos 2x+2q\cos 4x+3q^2\cos 6x+4q^3\cos 8x-2q-4q^3=$$

$$=\cos 2u-4q(1-\cos 4u)-12q^2(\cos 2u-\cos 6u)+q^3\left(44-\frac{224}{3}\cos 4u+\frac{92}{3}\cos 8u\right)$$

$$\begin{aligned}&+q^2\cos 2u && -4q^3(1-\cos 4u)\\ &+2q\cos 4u && -16q^2(\cos 2u-\cos 6u) && +16q^3(3-8\cos 4u+5\cos 8u)\\ &\quad +3q^2\cos 6u && -36q^3(\cos 4u-\cos 8u)\\ &&& +4q^3\cos 8u\\ &&& -4q^3\end{aligned}$$

$$=\cos 2u+q(-6+6\cos 4u)+q^2(-27\cos 2u+31\cos 6u)$$
$$+q^3\left(84-\frac{704}{3}\cos 4u+\frac{452}{3}\cos 8u\right)$$

Durch Multiplication dieser Gleichung mit dem Quadrat von Gleichung (30) erhält man als:

Coefficient von $z=$

$$=-32h_2q\left\{\cos 2u+q(-6+6\cos 4u)+q^2(-27\cos 2u+31\cos 6u)+q^3\left(84-\frac{704}{3}\cos 4u+\frac{452}{3}\cos 8u\right)\right.$$

$$\begin{aligned}&+8q(1+\cos 4u) && +16q^2(-6\cos 2u+3\cos 2u+3\cos 6u) && +8q^3(-27-27\cos 4u+31\cos 4u+31\cos 8u)\\ &\quad +32q^2\cos 2u && +192q^3(-1+\cos 4u)\\ &\quad +32q^2(\cos 2u+\cos 6u) && +192q^3(-2\cos 4u+1+\cos 8u)\\ &&& +8q^3(1+\cos 4u+11\cos 4u+11\cos 8u)\end{aligned}$$

$$=-32h_2q\left\{\cos 2u+q(2+14\cos 4u)+q^2(-11\cos 2u+111\cos 6u)+\right.$$
$$\left.\left.+q^3\left(-124-\frac{896}{3}\cos 4u+\frac{2036}{3}\cos 8u\right)\right\}\right.$$

Durch Einsetzen ferner der Werthe von $\sin 2x$, $\sin 4x$ etc. im Coefficienten von z^2 folgt:

$$(1+q^2)\sin 2x + 4q\sin 4x + 9q^2\sin 6x + 16q^3\sin 8x =$$

$$= \sin 2u + 4q\sin 4u + 4q^2(-5\sin 2u + 3\sin 6u) + q^3\left(-\frac{232}{3}\sin 4u + \frac{92}{3}\sin 8u\right)$$

$$\begin{aligned}
&+q^2\sin 2u && +4q^3\sin 4u\\
&+4q\sin 4u + 32q^2(-\sin 2u + \sin 6u) && +4q^3(-64\sin 4u + 40\sin 8u)\\
&+9q^2\sin 6u && +108q^3(-\sin 4u + \sin 8u)\\
& && +16q^3\sin 8u
\end{aligned}$$

$$= \sin 2u + 8q\sin 4u + q^2(-51\sin 2u + 53\sin 6u) + q^3\left(-\frac{1312}{3}\sin 4u + \frac{944}{3}\sin 8u\right)$$

Durch Multiplication dieser Gleichung mit dem Quadrat von Gleichung (30) ergiebt sich als:

Coefficient von $z^2 =$

$$= 16q\left\{\sin 2u + 8q\sin 4u + q^2(-51\sin 2u + 53\sin 6u) + q^3\left(-\frac{1312}{3}\sin 4u + \frac{944}{3}\sin 8u\right)\right.$$

$$\begin{aligned}
&+8q\sin 4u + 64q^2(\sin 2u + \sin 6u) && +8q^3(-51\sin 4u + 53\sin 4u + 53\sin 8u)\\
&+32q^2\sin 2u && +256q^3\sin 4u\\
&+32q^2(-\sin 2u + \sin 6u) && +256q^3\sin 8u\\
& && +8q^3(\sin 4u + 11\sin 4u + 11\sin 8u)
\end{aligned}$$

$$= 16q\left\{\sin 2u + 16q\sin 4u + q^2(13\sin 2u + 149\sin 6u) + \right.$$

$$\left.\left. + q^3\left(-\frac{208}{3}\sin 4u + \frac{3248}{3}\sin 8u\right)\right\}\right.$$

Schliesslich erhält man durch Einsetzen der Werthe von $\cos 2x$, $\cos 4x$ etc. im Coefficienten von z^3:

$$(1+9q^2)\cos 2x + (6q+16q^3)\cos 4x + 19q^2\cos 6x + 44q^3\cos 8x + 2q + 4q^3 =$$

$$= \cos 2u - 4q(1-\cos 4u) - 12q^2(\cos 2u - \cos 6u) + q^3\left(44 - \frac{224}{3}\cos 4u + \frac{92}{3}\cos 8u\right)$$

$$\begin{aligned}
&+9q^2\cos 2u && -36q^3(1-\cos 4u)\\
&+6q\cos 4u && -48q^2(\cos 2u - \cos 6u) + 48q^3(3 - 8\cos 4u + 5\cos 8u)\\
& && +16q^3\cos 4u\\
&+19q^2\cos 6u && -228q^3(\cos 4u - \cos 8u)\\
&+2q && +44q^3\cos 8u\\
& && +q^3
\end{aligned}$$

$$= \cos 2u + q(-2 + 10\cos 4u) + q^2(-51\cos 2u + 79\cos 6u)$$

$$+ q^3\left(156 - \frac{1904}{3}\cos 4u + \frac{1628}{3}\cos 8u\right)$$

Durch Multiplication mit dem Quadrat von Gleichung (30) folgt als:

Coefficient von z^3 =

$$= \frac{32}{3} q \left\{ \cos 2u + q(-2 + 10\cos 4u) + q^2(-51\cos 2u + 79\cos 6u) + q^3\left(156 - \frac{1904}{3}\cos 4u + \frac{1628}{3}\cos 8u\right) \right.$$
$$+ 8q(1 + \cos 4u) + 16q^2(-2\cos 2u + 5\cos 2u + 5\cos 6u) + 8q^3(-51 - 51\cos 4u + 79\cos 4u + 79\cos 8u)$$
$$+ 32q^2\cos 2u \qquad + 32q^3(-2 + 10\cos 4u)$$
$$+ 32q^2(\cos 2u + \cos 6u) \qquad + 32q^3(-4\cos 4u + 10 + 10\cos 8u)$$
$$+ 8q^3(1 + \cos 4u + 11\cos 4u + 11\cos 8u)$$

$$= \frac{32}{3} q \left\{ \cos 2u + q(6 + 18\cos 4u) + q^2(61\cos 2u + 191\cos 6u) \right.$$
$$\left. + q^3\left(12 - \frac{368}{3}\cos 4u + \frac{4748}{3}\cos 8u\right) \right\}$$

Die Gleichung (28) für z wird somit:

$$\frac{d^2z}{du^2} + 16q^2\left\{-8\sin 4u + q(12\sin 2u - 36\sin 6u) + q^2\left(\frac{448}{3}\sin 4u - \frac{416}{3}\sin 8u\right)\right\}\frac{dz}{du} +$$
$$+ 32h_2 q\left\{\cos 2u + q(2 + 14\cos 4u) + q^2(-11\cos 2u + 111\cos 6u) + q^3\left(-124 - \frac{896}{3}\cos 4u + \frac{2036}{3}\cos 8u\right)\right\} z$$
$$- 16q\left\{\sin 2u + 16q\sin 4u + q^2(13\sin 2u + 14q\sin 6u) + q^3\left(-\frac{208}{3}\sin 4u + \frac{3248}{3}\sin 8u\right)\right\} z^2$$
$$- \frac{32}{3}\left\{\cos 2u + q(6 + 18\cos 4u) + q^2(61\cos 2u + 191\cos 6u) + q^3\left(12 - \frac{368}{3}\cos 4u + \frac{4748}{3}\cos 8u\right)\right\} z^3 =$$
$$= -16h_2 q\left\{\sin 2u + 12q\sin 4u + q^2(13\sin 2u + 77\sin 6u) + q^3\left(-\frac{256}{3}\sin 4u + \frac{1088}{3}\sin 8u\right)\right\}$$
$$- \Omega''$$

Durch die weiteren Entwickelungen überzeugt man sich nun aber, wenn man diese auf Grund vorstehender Gleichung durchführt, dass die Glieder der Argumente $6u$, $8u$ etc. keine Beiträge zur Horistica liefern können. Wir setzen nun die Genauigkeitsgrenze so fest, dass wir von den Gliedern in diesen höheren Argumenten absehen und erhalten so an Stelle letzterer Gleichung die folgende:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{d^2z}{du^2} + \left\{ 192q^3\sin 2u - 128q^2\sin 4u \right\}\frac{dz}{du} \\ &\quad + h_2\left\{ 64q^2 - 3968q^4 + 32q(1 - 11q^2)\cos 2u + 448q^2\cos 4u \right\} z \\ &\quad - \left\{ 16q(1 + 13q^2)\sin 2u + 256q^2\sin 4u \right\} z^2 \\ &\quad - {}^2/_3\left\{ 96q^2 + 192q^4 + 16q(1 + 61q^2)\cos 2u + 288q^2\cos 4u \right\} z^3 \\ &= -h_2\left\{ 16q(1 + 13q^2)\sin 2u + 192q^2\sin 4u \right\} \\ &- \Omega'' \end{aligned}\right\} \quad (32)$$

In dieser Differentialgleichung ist offenbar [cf. Vorbemerkungen Gleichung (6)]:

$$h_2\,(64q^2 - 3968q^4)\,z$$

ein horistisches Glied. Wenn man diese Gleichung aber durch fortgesetzte Näherungen auflöst, so hebt sich bei der Integration das horistische Glied fort und man hat scheinbar nichts gewonnen, indem man wieder auf eine Differentialgleichung der Form (4) (cf. Vorbemerkungen) zurückgefallen ist. Um die Differentialgleichung (32) wirklich auf die horistische Form zu bringen, macht Gyldén die folgende verwickelte Substitution, hinsichtlich deren nach einer allgemeinen Methode durchzuführenden Ableitung ich auf die „Nouvelles recherches" § 5 verweise, indem es uns hier genügen soll, den eigentlichen Hauptnachweis einzusehen, wie in Folge dieser Substitution die Differentialgleichung (32) wirklich eine horistische wird. Wir setzen mit Gyldén:

$$\begin{aligned} z = y &+ \{ -4q\,(1+13q^2)\sin 2u - 16q^2 \sin 4u \}\; y^2 \\ &+ \left\{ -\tfrac{8}{3}q\,(1+61q^2)\cos 2u - 16q^2\cos 4u \right\} y^3 \\ &+ h_2\,\{ 4q\,(1+13q^2)\sin 2u + 12q^2 \sin 4u \} \\ &+ h_2\,\{ 8q\,(1-11q^2)\cos 2u + 28q^2\cos 4u \}\; y \\ &+ \left\{ -8q\,(1+13q^2)\cos 2u - 16q^2\cos 4u \right\} y\,\frac{dy}{du} \\ &+ \left\{ 8q\,(1+61q^2)\sin 2u + 24q^2 \sin 4u \right\} y^2\,\frac{dy}{du} \end{aligned}$$

differentirt folgt:

$$\begin{aligned} \frac{dz}{du} = \frac{dy}{du} &+ \left\{ -8q\,(1+13q^2)\cos 2u - 64q^2\cos 4u \right\} y^2 \\ &+ \left\{ \tfrac{16}{3}q\,(1+61q^2)\sin 2u + 64q^2 \sin 4u \right\} y^3 \\ &+ h_2\,\{ 8q\,(1+13q^2)\cos 2u + 48q^2\cos 4u \} \\ &+ h_2\,\{ -16q\,(1-11q^2)\sin 2u - 112q^2 \sin 4u \}\; y \\ &+ h_2 \left\{ 8q\,(1-11q^2)\cos 2u + 28q^2\cos 4u \right\} \frac{dy}{du} \\ &+ \left\{ \begin{array}{l} \underbrace{-8q\,(1+13q^2)\sin 2u - 32q^2 \sin 4u}_{\text{aus Glied (1) von } z.} \\ \underbrace{16q\,(1+13q^2)\sin 2u + 64q^2 \sin 4u}_{\text{aus (5).}} \end{array} \right\} y\,\frac{dy}{du} \end{aligned}$$

$$+\left\{\begin{array}{l}\underbrace{-8q\,(1+61q^2)\cos 2u-48q^2\cos 4u}_{\text{aus (2).}}\\ \underbrace{16q\,(1+61q^2)\cos 2u+96q^2\cos 4u}_{\text{aus (6).}}\end{array}\right\} y^2\frac{dy}{du}$$

$$+\left\{-8q\,(1+13q^2)\cos 2u-16q^2\cos 4u\right\}\left\{\left(\frac{dy}{du}\right)^2+y\frac{d^2y}{du^2}\right\}$$

$$+\left\{8q\,(1+61q^2)\sin 2u+24q^2\sin 4u\right\}\left\{2y\left(\frac{dy}{du}\right)^2+y^2\frac{d^2y}{du^2}\right\}$$

Durch nochmalige Differentation erhält man:

$$\begin{aligned}\frac{d^2z}{du^2}=\frac{d^2y}{du^2}&+\left\{16q\,(1+13q^2)\sin 2u+256q^2\sin 4u\right\}y^2\\ &+\left\{\frac{32}{3}q\,(1+61q^2)\cos 2u+256q^2\cos 4u\right\}y^3\\ &+h_2\left\{-16q\,(1+13q^2)\sin 2u-192q^2\sin 4u\right\}\\ &+h_2\left\{-32q\,(1-11q^2)\cos 2u-448q^2\cos 4u\right\}y\\ &+h_2\left\{\begin{array}{l}\underbrace{-32q\,(1-11q^2)\sin 2u-224q^2\sin 4u}_{\text{aus Glied (4) und (5) in }\frac{dz}{du}}\end{array}\right\}\frac{dy}{du}\\ &+h_2\left\{8q\,(1-11q^2)\cos 2u+28q^2\cos 4u\right\}\frac{d^2y}{du^2}\\ &+\left\{\begin{array}{l}\underbrace{-16q\,(1+13q^2)\cos 2u-128q^2\cos 4u}_{\text{aus (1).}}\\ \underbrace{16q\,(1+13q^2)\cos 2u+128q^2\cos 4u}_{\text{aus der Summe von Glied (6).}}\end{array}\right\}y\frac{dy}{du}\text{ hebt sich.}\\ &+\left\{\begin{array}{l}\underbrace{16q\,(1+61q^2)\sin 2u+192q^2\sin 4u}_{\text{aus (2)}}\\ \underbrace{-16q\,(1+61q^2)\sin 2u-192q^2\sin 4u}_{\text{aus Summe (7)}}\end{array}\right\}y^2\frac{dy}{du}\text{ hebt sich.}\\ &+\left\{\begin{array}{l}\underbrace{8q\,(1+13q^2)\sin 2u+32q^2\sin 4u}_{\text{aus Summe (6)}}\\ \underbrace{16q\,(1+13q^2)\sin 2u+64q^2\sin 4u}_{\text{aus (8)}}\end{array}\right\}\left\{\left(\frac{dy}{du}\right)^2+y\frac{d^2y}{du^2}\right\}\\ &+\left\{\begin{array}{l}\underbrace{8q\,(1+61q^2)\cos 2u+48q^2\cos 4u}_{\text{aus Summe (6).}}\\ \underbrace{16q\,(1+61q^2)\cos 2u+96q^2\cos 4u}_{\text{aus (9).}}\end{array}\right\}\left\{2y\left(\frac{dy}{du}\right)^2+y^2\frac{d^2y}{du^2}\right\}\end{aligned}\qquad(33)$$

$$+\left\{\underbrace{-8q\,(1+13q^2)\cos 2u-16q^2\cos 4u}_{\text{aus (8)}}\right\}\left\{3\frac{dy}{du}\cdot\frac{d^2y}{du^2}+y\frac{d^3y}{du^3}\right\}$$
$$+\left\{\underbrace{8q\,(1+61q^2)\sin 2u+24q^2\sin 4u}_{\text{aus (9)}}\right\}\left\{2\left(\frac{dy}{du}\right)^3+6y\frac{dy}{du}\frac{d^2y}{du^2}+y^2\frac{d^3y}{du^3}\right\} \quad (33)$$

Ferner erhält man für z^2, indem man Glieder 4. Grades wegen ihrer Kleinheit ausschliesst und bedenkt, dass h_2 vom zweiten Grade ist:

$$z^2 = y^2 + \{-8q\,(1+13q^2)\sin 2u - 32q^2\sin 4u\}\,y^3$$
$$+ h_2\{8q\,(1+13q^2)\sin 2u + 24q^2\sin 4u\}\,y$$
$$+ \{-16q\,(1+13q^2)\cos 2u - 32q^2\cos 4u\}\,y^2\frac{dy}{du}$$

Schliesslich wird:

$$z^3 = y^3.$$

Indem wir nun die Werthe von z, z^2, z^3 $\frac{dz}{dt}$, $\frac{d^2z}{dt^2}$ in Gleichung (32) einsetzen, ist zu beachten, dass y vom ersten Grad, h_2 vom zweiten Grad und q von der ersten Ordnung ist. (Bezüglich des Unterschiedes von Grad und Ordnung in der Gyldén'schen Störungstheorie cf. meine Abhandlung über den Typus $^2/_3$ pag. 41.) Hinsichtlich des Grades nehmen wir nun alle Glieder inclusive dritten Grades und bezüglich der Ordnung alle Glieder inclusive der vierten Ordnung mit, ausser in dem Fall, wo die Terme vierter Ordnung in einen sinus oder cosinus multiplicirt sind, weil diese letzteren, wie man sich überzeugt, keinen Beitrag zur Horistica liefern können und zudem sehr klein sind. Aus demselben Grunde nehmen wir nur Glieder der Argumente $0u$, $2u$, $4u$ mit, lassen solche in $6u$, $8u$ ... aber fort. So ergiebt sich durch Zerlegung der Producte trigonometrischer Functionen in ihre algebraische Summe (cfr. die Formeln (36) meiner Abhandlung über den Typus $^2/_3$ Seite 36):

$$\left\{192q^3\sin 2u - 128q^2\sin 4u\right\}\frac{dz}{du} =$$
$$= \left\{192q^3\sin 2u - 128q^2\sin 4u\right\}\frac{dy}{du} + 512q^3\sin 2u\,y^2$$
$$+ \left\{512q^4 - \frac{1024}{3}q^3\cos 2u - 4096q^4\right\}y^3 - 512h_2q^3\sin 2u$$
$$+ h_2\left\{-1536q^4 + 1024q^3\cos 2u + 7168q^4\right\}y - 512h_2q^3\sin 2u\cdot\frac{dy}{du}$$
$$+ \left\{-512q^3\cos 2u - 2048q^4\right\}y\frac{dy}{du} - 512q^3\sin 2u\,.\,y^2\frac{dy}{du} \quad (34)$$

$$+ 512q^3 \sin 2u \left\{\left(\frac{dy}{du}\right)^2 + y\frac{d^2y}{du^2}\right\} + \left\{768q^4 - 512q^3 \cos 2u - 1536q^4\right\} \cdot \cdot \left\{2y\left(\frac{dy}{du}\right)^2 + y^2\frac{d^2y}{du^2}\right\} \quad (34)$$

Ferner:

$$h_2\left\{64q^2 - 3968q^4 + 32q\cos 2u - 352q^3\cos 2u + 448q^2\cos 4u\right\} z = = h_2\left\{64q^2 - 3968q^4 + 32q\cos 2u - 352q^3\cos 2u + 448q^2\cos 4u\right\} y \quad (35)$$

Weiter:

$$\begin{aligned} &\left\{-16q\sin 2u - 208q^3\sin 2u - 256q^2\sin 4u\right\} z^2 = \\ &= \left\{-16q\sin 2u - 208q^3\sin 2u - 256q^2\sin 4u\right\} y^2 \\ &+ \left\{-64q^2\cos 4u + 64q^2 + 1664q^4 + 1280q^3\cos 2u + 4096q^4\right\} y^3 \\ &+ h_2\left\{64q^2\cos 4u - 64q^2 - 1664q^4 - 1216q^3\cos 2u - 3072q^4\right\} y \\ &+ \left\{128q^2\sin 4u + 1792q^3\sin 2u\right\} y^2\frac{dy}{du} \end{aligned} \quad (36)$$

Schliesslich:

$$-\frac{2}{3}\left\{96q^2 + 192q^4 + 16q\cos 2u + 976q^3\cos 2u + 288q^2\cos 4u\right\} z^3 = = -\frac{2}{3}\left\{96q^2 + 192q^4 + 16q\cos 2u + 976q^3\cos 2u + 288q^2\cos 4u\right\} y^3. \quad (37)$$

Setzt man jetzt die Werthe (34) bis (37) sowie (33) in Gleichung (32) ein, so findet man, indem sich theils eine grössere Anzahl Glieder forthebt, theils Glieder sich vereinigen, endlich als Resultat folgende Differentialgleichung in y:

$$\begin{aligned} &\frac{d^2y}{du^2} + 2048q^4y^3 - 3072h_2q^4y - 1280q^4y\frac{dy}{du} - 768q^4\left\{2y\left(\frac{dy}{du}\right)^2 + y^2\frac{d^2y}{du^2}\right\} \\ &+ \left\{192q^3\sin 2u - 128q^2\sin 4u\right\}\frac{dy}{du} \\ &+ 512q^3\sin 2u\,(y^2 - h_2) + \frac{2816}{3}q^3\cos 2u\,.\,y^3 \\ &+ \left\{-192q^3\cos 2u + 64q^2\cos 4u\right\} h_2\,y \\ &- 512q^3\cos 2u\,.\,y\frac{dy}{du} + \left\{1280q^3\sin 2u + 128q^2\sin 4u\right\} y^2\frac{dy}{du} \\ &+ \left\{-32q\,(1 + 5q^2)\sin 2u - 224q^2\sin 4u\right\} h_2\frac{dy}{du} \end{aligned} \quad (38)$$

$$
\left.\begin{aligned}
&+\left\{8q\,(3+103q^2)\sin 2u+96q^2\sin 4u\right\}\cdot\left\{\left(\frac{dy}{du}\right)^2+y\frac{d^2y}{du^2}\right\}\\
&+\left\{8q\,(3+119q^2)\cos 2u+144q^2\cos 4u\right\}\left\{2y\left(\frac{dy}{du}\right)^2+y^2\frac{d^2y}{du^2}\right.\\
&+\left\{-8q\,(1+13q^2)\cos 2u-16q^2\cos 4u\right\}\left\{3\frac{dy}{du}\cdot\frac{d^2y}{du^2}+y\frac{d^3y}{du^3}\right\}\\
&+\left\{8q\,(1+61q^2)\sin 2u+24q^2\sin 4u\right\}\left\{2\left(\frac{dy}{du}\right)^3+6y\frac{dy}{du}\frac{d^2y}{du^2}+y^2\frac{d^3y}{du^3}\right\}\\
&+\left\{8q\,(1-11q^2)\cos 2u+28q^2\cos 4u\right\}h_2\frac{d^2y}{du^2}\\
&+\Omega''=0
\end{aligned}\right\}\quad(38)
$$

Wenn wir diese Differentialgleichung mit der Gyldén'schen (cf. N. R. p. 197) vergleichen, so unterscheidet sie sich von der letzteren nur dadurch, dass in dieser in Folge eines für das Princip völlig belanglosen Versehens die beiden Glieder:

$$+512q^3\sin 2u\left\{\left(\frac{dy}{du}\right)^2+y\frac{d^2y}{du^2}\right\}$$

und:

$$-512q^3\cos 2u\left\{2y\left(\frac{dy}{du}\right)^2+y^2\frac{d^2y}{du^2}\right\}$$

wirklich fehlen, während die beiden Glieder, die sich in Gleichung (38) ausserdem noch mehr als bei Gyldén befinden:

$$
\begin{aligned}
&-1280q^4\,y\frac{dy}{du}\\
&-768q^4\left\{2y\left(\frac{dy}{du}\right)^2+y^2\frac{d^2y}{du^2}\right\}
\end{aligned}
$$

nur eine geringfügige Erweiterung in der Genauigkeitsgrenze bedeuten.

Um der Differentialgleichung (38) die horistische Form indess definitiv zu sichern, bedarf es noch weiterer Transformationen. Zunächst kann man sie offenbar wie folgt schreiben:

$$
\left.\begin{aligned}
\frac{d^2y}{du^2}\Big\{&1+[8q(3+103q^2)\sin 2u+96q^2\sin 4u]\,y+[-768q^4+8q\,(3+119q^2)\cos 2u+144q^2\cos 4u]\,y^2\\
&+[-24q(1+13q^2)\cos 2u-48q^2\cos 4u]\frac{dy}{du}+[48q(1+61q^2)\sin 2u+144q^2\sin 4u]\,y\frac{dy}{du}\\
&+h_2\,[8q\,(1-11q^2)\cos 2u+28q^2\cos 4u]\Big\}\\
&+2048q^4y^3-3072h_2q^4y-1280q^4y\frac{dy}{du}-1536q^4y\left(\frac{dy}{du}\right)^2
\end{aligned}\right\}\quad(39)
$$

$$
\left.\begin{aligned}
&+\left\{192q^3\sin 2u-128q^2\sin 4u\right\}\frac{dy}{du}\\
&+512q^3\sin 2u\,(y^2-h_2)+\frac{2816}{3}q^3\cos 2u\,y^3\\
&+\left\{-192q^3\cos 2u+64q^2\cos 4u\right\}h_2\,y-512q^3\cos 2u\,y\frac{dy}{du}\\
&+\left\{1280q^3\sin 2u+128q^2\sin 4u\right\}y^2\frac{dy}{du}\\
&+\left\{-32q\,(1+5q^2)\sin 2u-224y^2\sin 4u\right\}h_2\frac{dy}{du}\\
&+\left\{8q\,(3+103q^2)\sin 2u+96y^2\sin 4u\right\}\left(\frac{dy}{du}\right)^2\\
&+\left\{16q\,(3+119q^2)\cos 2u+288q^2\cos 4u\right\}y\left(\frac{dy}{du}\right)^2\\
&+\left\{-8q\,(1+13q^2)\cos 2u-16q^2\cos 4u\right\}y\frac{d^3y}{du^3}\\
&+\left\{8q\,(1+61q^2)\sin 2u+24q^2\sin 4u\right\}\left\{2\left(\frac{dy}{du}\right)^3+y^2\frac{d^3y}{du^3}\right\}\\
&+\Omega'''=0.
\end{aligned}\right\}\quad(39)
$$

Nun bilden wir mittelst des binomischen Satzes:

$$
\begin{aligned}
\frac{1}{\text{Coefficient von }\dfrac{d^2y}{du^2}}=1&+\left\{-8q\,(3+103q^2)\sin 2u-96q^2\sin 4u\right\}y\\
&+\left\{24q\,(1+13q^2)\cos 2u+48q^2\cos 4u\right\}\frac{dy}{du}\\
&+\left\{\begin{matrix}768q^4-8q\,(3+119q^2)\cos 2u-144q^2\cos 4u\\+12\,.\,24q^2\qquad\qquad\qquad-12.24\cos 4u\end{matrix}\right\}y^2\\
&+\left\{\begin{matrix}-48q\,(1+61q^2)\sin 2u-144q^2\sin 4u\\-24\,.\,24q^2\sin 4u\end{matrix}\right\}y\frac{dy}{du}\\
&+\left\{12\,.\,24q^2+12\,.\,24q^2\cos 4u\right\}\left(\frac{dy}{du}\right)^2\\
&+\left\{-8q\,(1-11q^2)\cos 2u-28q^2\cos 4u\right\}h_2
\end{aligned}
$$

oder, wenn man die Glieder dritter und vierter Ordnung beim zweiten Grad vernachlässigt, da sie zu den folgenden Zusatzgliedern Glieder einer höheren als der vierten Ordnung geben würden:

$$
\left.\begin{aligned}
\frac{1}{\text{Coefficient von }\dfrac{d^2y}{du^2}}=1&+\left\{-8q\,(3+103q^2)\sin 2u-96q^2\sin 4u\right\}y\\
&+\left\{24q\,(1+13q^2)\cos 2u+48q^2\cos 4u\right\}\frac{dy}{du}\\
&+\left\{288q^2-24q\cos 2u-432q^2\cos 4u\right\}y^2\\
&+\left\{-48q\sin 2u-720q^2\sin 4u\right\}y\frac{dy}{du}
\end{aligned}\right|\quad(40)
$$

$$\left.\begin{array}{l} +\left\{ \begin{array}{ll} +288q^2 & +288q^2\cos 4u \end{array} \right\} \left(\frac{dy}{du}\right)^2 \\ +\left\{ \begin{array}{ll} -8q\cos 2u - 28q^2\cos 4u & \end{array} \right\} h_2 \end{array}\right| \quad (40)$$

Multiplicirt man jetzt Gleichung (39) mit (40), so erhält man die folgenden mitzunehmenden Glieder und zwar durch Multiplication von (40) mit:

1) Glied (6):

$$\left\{ \begin{array}{l} -12\cdot 192q^4 + 12\cdot 128q^3\cos 2u \\ +64\cdot 96q^4 \end{array} \right\} y\frac{dy}{du} + \left\{ \begin{array}{l} -12\cdot 128q^3\sin 2u \end{array} \right\} \left(\frac{dy}{du}\right)^2$$

$$+12\cdot 128q^3\sin 2u\ y^2\frac{dy}{du} + \left\{ \begin{array}{l} -24\cdot 192q^4 + 24\cdot 128q^3\cos 2u \\ +720\cdot 64q^4 \end{array} \right\} y\left(\frac{dy}{du}\right)^2$$

$$+4\cdot 128q^3\sin 2u\, h_2\frac{dy}{du}$$

2) Glied (7):

$$-12\cdot 512q^4 y(y^2 - h_2)$$

3) Glied (10):

$$-12\cdot 512q^4 y\left(\frac{dy}{du}\right)^2$$

4) Glied (13):

$$-64q^2\left\{ \frac{9}{2} + 309q^2 + 72q^2 + 36q\cos 2u - \frac{9}{2}\cos 4u \right\} y\left(\frac{dy}{du}\right)^2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} +12\cdot 24q^2\sin 4u + 12\cdot 96q^3\sin 2u \\ -12\cdot 48q^3\sin 2u \end{array} \right\} \left(\frac{dy}{du}\right)^3$$

5) Glied (15):

$$\left\{ \begin{array}{l} +96q^2\sin 4u - 12\cdot 16q^3\sin 2u \\ +4\cdot 96q^3\sin 2u \end{array} \right\} y^2\frac{d^3y}{du^3}$$

$$-3\cdot 64q^2\left\{ \frac{1}{2} + 13q^2 + 2q^2 + 2q\cos 2u + \frac{1}{2}\cos 2u \right\} y\frac{dy}{du}\frac{d^3y}{du^3}$$

Durch diese Transformation geht Gleichung (39) also über in die folgende:

$$\left.\begin{array}{l} \frac{d^2y}{du^2} - 4096q^4y^3 + 3072h_2q^4y + 2560q^4y\frac{dy}{du} + \\ +(-288q^2 + 9408q^4)\, y\left(\frac{dy}{du}\right)^2 + (-96q^2 - 2880q^4)\, y\frac{dy}{du}\cdot\frac{d^3y}{du^3} \\ +\left\{ 192q^3\sin 2u - 128q^2\sin 4u \right\}\frac{dy}{du} + 512q^3\sin 2u\,(y^2 - h_2) \\ +\frac{2816}{3}q^3\cos 2u\cdot y^3 + \left\{ -192q^3\cos 2u + 64q^2\cos 4u \right\} h_2y \end{array}\right| \quad (41)$$

$$
\left.\begin{aligned}
&+ 1024q^3\cos 2u\,.\,y\frac{dy}{du} + \left\{2816q^3\sin 2u + 128q^2\sin 4u\right\} y^2\frac{dy}{du}\\
&+ \left\{-32q(1-11q^2)\sin 2u - 224q^2\sin 4u\right\} y\frac{dy}{du}\\
&+ \left\{8q(3-89q^2)\sin 2u + 96q^2\sin 4u\right\}\left(\frac{dy}{du}\right)^2\\
&+ \left\{16q(3+167q^2)\cos 2u + 576q^2\cos 4u\right\} y\left(\frac{dy}{du}\right)^2\\
&+ \left\{-8q(1+13q^2)\cos 2u - 16q^2\cos 4u\right\} y\frac{d^3y}{du^3}\\
&+ \left\{16q(1+97q^2)\sin 2u + 336q^2\sin 4u\right\}\left(\frac{dy}{du}\right)^3\\
&+ \left\{8q(1+85q^2)\sin 2u + 120q^2\sin 4u\right\} y^2\frac{d^3y}{du^3}\\
&+ \left\{-384q^3\cos 2u - 96q^2\cos 4u\right\} y\frac{dy}{du}\frac{d^3y}{du^3}\\
&+ \Omega''' = 0.
\end{aligned}\right\} (41)
$$

Um $\frac{d^3y}{du^3}$ zu bilden, differentiren wir diese Gleichung und nehmen bloss Glieder bis zum zweiten Grad in y und bis zum dritten in q inclusive mit, sodass offenbar bloss das erste, siebente, achte, elfte, vierzehnte und sechszehnte Glied von Gleichung (41) der Differentation zu unterwerfen ist:

$$
\begin{aligned}
&\frac{d^3y}{du^3}\left\{1 + \left[16q(1+13q^2)\sin 2u + 64q^2\sin 4u\right]y + \left[-8q(1+13q^2)\cos 2u - 16q^2\cos 4u\right]\frac{dy}{du}\right\} =\\
&= \left\{-384q^3\cos 2u + 512q^2\cos 4u\right\}\frac{dy}{du} + \left\{-192q^3\sin 2u + 128q^2\sin 4u\right\}\frac{d^2y}{du^2}\\
&\quad - 1024q^3\cos 2u\,(y^2 - h_2) - 1024q^3\sin 2u\,.\,y\frac{dy}{du}\\
&\quad - 1024q^3\cos 2u\left(\frac{dy}{du}\right)^2 + 2048q^3\sin 2u\,.\,y\frac{dy}{du} - 1024q^3\cos 2u\,.\,y\frac{d^2y}{du^2}\\
&+ \left\{-16q(3-89q^2)\cos 2u - 384q^2\cos 4u\right\}\left(\frac{dy}{du}\right)^2 + \left\{-16q(3-89q^2)\sin 2u - 192q^2\sin 4u\right\}\frac{dy}{du}\frac{d^2y}{du^2}\\
&+ \left\{8q(1+13q^2)\cos 2u + 16q^2\cos 4u\right\} y\frac{d^4y}{du^4}.
\end{aligned}
$$

Setzt man hierin für $\frac{d^2y}{du^2}$ den aus Gleichung (41) folgenden ganzen Werth:

$$\frac{d^2y}{du^2} = 4096q^4y^3 - 3072h_2q^4y - \cdots - \Omega'''$$

ein, multiplicirt vollständig aus, nimmt aber bloss Glieder bis zum zweiten Grad in y und bis zum dritten in q inclusive mit, so findet man:

$$\frac{d^3y}{du^3}\left\{1+[16q(1+13q^2)\sin 2u+64q^2\sin 4u]y+[-8q(1+13q^2)\cos 2u-16q^2\cos 4u]\frac{dy}{du}\right\}=$$
$$=\left\{-384q^3\cos 2u+512q^2\cos 4u\right\}\frac{dy}{du}$$
$$-1024q^3\cos 2u\,(y^2-h_2)+1024q^3\sin 2u\,.\,y\frac{dy}{du}$$
$$+\left\{\begin{array}{r}-16q\,(3-25q^2)\cos 2u-384q^2\cos 4u\\ -24\,.\,128q^3\cos 2u\\ -12\,.\,128q^3\cos 2u\end{array}\right\}\left(\frac{dy}{du}\right)^2$$
$$+\left\{8q(1+13q^2)\cos 2u+16q^2\cos 4u\right\}y\frac{d^4y}{du^4}$$
$$+4\,.\,128q^3\sin 2u\,.\,y\frac{d^3y}{du^3}$$

oder:

$$\left.\begin{array}{l}\frac{d^3y}{du^3}\left\{1+[16q(1-19q^2)\sin 2u+64q^2\sin 4u]y+[-8q(1+13q^2)\cos 2u-16q^2\cos 4u]\frac{dy}{du}\right\}=\\ =\left\{-384q^3\cos 2u+512q^2\cos 4u\right\}\frac{dy}{du}\\ -1024q^3\cos 2u\,(y^2-h_2)+1024q^3\sin 2u\,.\,y\frac{dy}{du}\\ +\left\{-16q\,(3+263q^2)\cos 2u-384q^2\cos 4u\right\}\left(\frac{dy}{du}\right)^2\\ +\left\{8q\,(1+13q^2)\cos 2u+16q^2\cos 4u\right\}y\frac{d^4y}{du^4}\end{array}\right\}\quad(42)$$

Nun bildet man nach dem binomischen Satze:

$$\frac{1}{\text{Coefficient von }\frac{d^3y}{du^3}}=1-\left\{16q\,(1-19q^2)\sin 2u+64q^2\sin 4u\right\}y$$
$$+\left\{8q\,(1+13q^2)\cos 2u+16q^2\cos 4u\right\}\frac{dy}{du}$$

und multiplicirt diesen Werth mit der rechten Seite der Gleichung (42) aus. So erhält man, immer unter Beobachtung der von Anfang an innegehaltenen Genauigkeitsgrenze:

$$\frac{d^3y}{du^3}=\left\{-384q^3\cos 2u+512q^2\cos 4u\right\}\frac{dy}{du}$$
$$-1024q^3\cos 2u\,(y^2-h_2)+5120q^3\sin 2u\,.\,y\frac{dy}{du}$$
$$+\left\{-16q\,(3+135q^2)\cos 2u-384q^2\cos 4u\right\}\left(\frac{dy}{du}\right)^2$$
$$+\left\{8q\,(1+13q^2)\cos 2u+16q^2\cos 4u\right\}y\frac{d^4y}{du^4}$$

Setzt man rechts:

$$\frac{d^4y}{du^4} = \left(768q^3 \sin 2u - 2048q^2 \sin 4u\right) \frac{dy}{du}$$

so erhält man für die dritte Ableitung folgenden definitiven Werth:

$$\left.\begin{aligned} \frac{d^3y}{du^3} = &\left\{ -384q^3 \cos 2u + 512q^2 \cos 4u \right\} \frac{dy}{du} \\ &- 1024q^3 \cos 2u\,(y^2 - h_2) - 3072q^3 \sin 2u \,.\, y \frac{dy}{du} \\ &+ \left\{ -16q\,(3 + 135q^2) \cos 2u - 384q^2 \cos 4u \right\} \left(\frac{dy}{du}\right)^2 \end{aligned}\right| \quad (43)$$

Nach Herrn Backlund ist hier der Werth der dritten Ableitung genauer entwickelt, als bei Gyldén (N. R. p. 198), der bloss den folgenden von ihm gebrauchten Werth angiebt:

$$\frac{d^3y}{du^3} = -1024q^3 \cos 2u\,(y^2 - h_2) - 48q \cos 2u \left(\frac{dy}{du}\right)^2. \quad (44)$$

Der Werth (43) entspricht der zuvor innegehaltenen Genauigkeitsgrenze und ist für die Weiterentwickelung behufs wirklicher Anwendung derselben vorzuziehen, während Gyldén den springenden Punkt, d. h. den Nachweis der Existenz der horistischen Form auch vollständig giebt und nur das Detail noch nicht so ausgeführt hat, da er ja zu eigenen Anwendungen in Folge seines plötzlichen Todes nicht mehr entsprechend kam. —

Mit Hinblick auf den Werth (43) ergeben nun die Glieder, welche in Gleichung (41) die dritte Ableitung enthalten, folgende Werthe und zwar:

1) Glied (16):

$$\left\{ \begin{matrix} 4 \,.\, 384q^4 - 4 \,.\, 512q^3 \cos 2u \\ -8 \,.\, 512q^4 \end{matrix} \right\} y \frac{dy}{du} + 4 \,.\, 1024q^4 \,(y^2 - h_2)\, y$$

$$+ \left\{ \begin{matrix} 4 \,.\, 3 \,.\, 16q^2 + 4 \,.\, 3 \,.\, 16q^2 \cos 4u + 4 \,.\, 3 \,.\, 13 \,.\, 16q^4 \\ + 4 \,.\, 16 \,.\, 135q^4 \\ +8 \,.\, 3 \,.\, 16q^3 \cos 2u + 4 \,.\, 384q^3 \cos 2u + 8384q^4 \end{matrix} \right\} y \left(\frac{dy}{du}\right)^2$$

2) Glied (18):

$$-4 \,.\, 512q^3 \sin 2u \,.\, y^2 \frac{dy}{du}$$

3) Glied (19):

$$-48 \,.\, 512q^4 y \left(\frac{dy}{du}\right)^2$$

Die Summe Σ dieser Glieder, welche an Stelle der Glieder, die in Gleichung (41) $\frac{d^3y}{du^3}$ enthalten, tritt, ist somit:

$$\begin{aligned}\Sigma = &-2560q^4 y\frac{dy}{du} - 2048q^3\cos 2u.y\frac{dy}{du} - 2048q^3\sin 2u.y^2\frac{dy}{du}\\ &+4096q^4y^3 + \left\{192q^2 - 10368q^4 + 192q^2\cos 4u + 1920q^3\cos 2u\right\} y\left(\frac{dy}{du}\right)^2\\ &-4096q^4h_2y\end{aligned}$$

und Gleichung (41) geht also definitiv über in die folgende Gleichung:

$$\left.\begin{aligned}&\frac{d^2y}{du^2} - 1024h_2q^4y + (-96q^2 - 960q^4)\, y\left(\frac{dy}{du}\right)^2\\ &+\left\{192q^3\sin 2u - 128q^2\sin 4u\right\}\frac{dy}{du}\\ &+512q^3\sin 2u\,(y^2 - h_2) + \frac{2816}{3}q^3\cos 2u.y^3\\ &+\left\{-192q^3\cos 2u + 64q^2\cos 4u\right\}h_2y - 1024q^3\cos 2u.y\frac{dy}{du}\\ &+\left\{768q^3\sin 2u + 128q^2\sin 4u\right\}y^2\frac{dy}{du}\\ &+\left\{-32q\,(1-11q^2)\sin 2u - 224q^2\sin 4u\right\}h_2\frac{dy}{du}\\ &+\left\{8q\,(3-89q^2)\sin 2u + 96q^2\sin 4u\right\}\left(\frac{dy}{du}\right)^2\\ &+\left\{16q\,(3+289q^2)\cos 2u + 768q^2\cos 4u\right\}y\left(\frac{dy}{du}\right)^2\\ &+\left\{16q\,(1+97q^2)\sin 2u + 336q^2\sin 4u\right\}\left(\frac{dy}{du}\right)^3\\ &+\Omega''' = 0.\end{aligned}\right\}\quad(45)$$

Diese Differentialgleichung aber hat wirklich bereits horistische Form. Denn da y als periodische Function vorausgesetzt ist, so enthält $\left(\frac{dy}{du}\right)^2$ ein constantes Glied k_0 und demnach sind [cf. Vorbemerkungen Gleichung (6)] die drei Glieder:

$$-1024h_2q^4y,\ -96q^2k_0y,\ +960q^4k_0y$$

der Form nach horistisch. Gyldén hat in seiner nicht so weit ausgeführten Gleichung (16) N. R. pag. 198 nur die beiden ersten dieser drei horistischen Glieder. Bei der Integration der Gleichung (45) durch successive Annäherungen hebt sich nun aber bereits bei der zweiten Annäherung das horistische Glied:

$$-1024h_2q^4y$$

fort. Indessen findet ein sich Fortheben, wie wir zeigen wollen, nicht statt bei den beiden anderen horistischen Gliedern. Sodass die Gyldén'sche Gleichung, wie sie sich in den N. R. findet, richtig, d. h. factisch, was Gyldén nachweisen wollte, horistischer Form ist, wiewohl er das Verschwinden des Gliedes $-1024 h_2 q^4 y$ nicht erwähnt. Da nun aber dies Glied $-1024 h_2 q^4 y$ nur scheinbar ein horistisches ist, eben weil es bei der Integration verschwindet, so ist es dienlich, nach Herrn Backlund die mit $h_2 y$ multiplicirten Glieder aus Gleichung (45) noch fortzuschaffen, um die horistische Differentialgleichung der Zeitreduction in ganz reiner Form zu erhalten. Dies aber wird ermöglicht durch die folgende Substitution:

$$y = \zeta + h_2 \varphi \zeta = (1 + h_2 \varphi)\, \zeta \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (46)$$

wo φ eine unbekannte Function ist, die wir bestimmen müssen. Da wir nun die Glieder vierten Grades in y und $\frac{dy}{du}$ überhaupt fortlassen, so kann man in Gleichung (45) y durch ζ offenbar überall ersetzen mit Ausnahme der zwei Glieder:

$$\frac{d^2 y}{du^2} + \left\{ 192 q^3 \sin 2u - 128 q^2 \sin 4u \right\} \frac{dy}{du}$$

in denen y durch seinen vollen Werth (46) zu ersetzen ist, also:

$$\begin{aligned} &(1+h_2\varphi)\, \frac{d^2\zeta}{du^2} + 2h_2 \frac{d\varphi}{du} \frac{d\zeta}{du} + h_2 \frac{d^2\varphi}{du^2} \zeta + \\ &+ \left\{ 192 q^3 \sin 2u - 128 q^2 \sin 4u \right\} (1+h_2\varphi) \frac{d\zeta}{du} \\ &+ \left\{ 192 q^3 \sin 2u - 128 q^2 \sin 4u \right\} h_2 \frac{d\varphi}{du} \zeta \end{aligned}$$

Damit nun die periodischen mit $h_2 \zeta$ multiplicirten Glieder in der Gleichung für ζ verschwinden, muss offenbar φ so bestimmt werden, dass:

$$\text{pars const.} \left\{ \begin{aligned} &\frac{d^2\varphi}{du^2} + \left[192 q^3 \sin 2u - 128 q^2 \sin 4u \right] \frac{d\varphi}{du} \\ &+ \left[-192 q^3 \cos 2u + 64 q^2 \cos 4u \right] \end{aligned} \right\} = 0 \qquad (47)$$

wird. Die periodischen Glieder in φ müssen also mindestens vom zweiten Grad in q sein und daher kann man setzen:

$$\varphi = \text{const} + \varphi_2 q^2 + \varphi_3 q^3 + \varphi_4 q^4 + \quad . \quad . \quad . \quad (48)$$

wo $\varphi_2, \varphi_3, \varphi_4 \ldots$ periodische Functionen sind, die sich bestimmen, indem man

den Werth (48) in Gleichung (47) einsetzt und nach Potenzen von q ordnet. So findet man für φ_2, φ_3, φ_4 die Bestimmungsgleichungen:

$$\frac{d^2\varphi_2}{du^2} + 64\cos 4u = 0$$

$$\frac{d^2\varphi_3}{du^2} - 192\cos 2u = 0$$

$$\frac{d^2\varphi_4}{du^2} + \text{pars periodica}\left\{ -128\sin 4u\,\frac{d\varphi_2}{du}\right\} = 0$$

woraus:

$$\left.\begin{aligned} \varphi_2 &= 4\cos 4u \\ \varphi_3 &= -48\cos 2u \\ \varphi_4 &= -\frac{1024}{64}\cos 8u = -16\cos 8u \end{aligned}\right\} \quad (49)$$

Nachdem somit der periodische Theil von:

$$\frac{d^2\varphi}{du^2} + \left\{ 192q^3\sin 2u - 128q^2\sin 4u\right\}\frac{d\varphi}{du} + \left\{ -192q^3\cos 2u + 64q^2\cos 4u\right\} \quad (50)$$

zum Verschwinden gebracht ist, bleibt der constante Theil übrig und dieser wird, indem man die Werthe (49) in Gleichung (48) und den so erhaltenen φ-Werth in (50) einsetzt, da $\frac{d\varphi_2}{du} = -16\sin 4u$ ist:

$$\text{pars const.}\left\{ -128q^2\sin 4u\,\frac{d\varphi_2}{du}\,q_2\right\} = +1024q^4$$

und dies Glied beseitigt bei der Transformation das Glied $-1024q^4h_2y$, das wir aus Gleichung (45) eliminiren wollten. Setzt man somit den Werth von φ, der aus (48) und (49) folgt, in (46) ein:

$$y = \zeta + h_2\left\{ 4q^2\cos 4u - 48q^3\cos 2u - 16q^4\cos 8u\right\}\zeta \quad (51)$$

so geht durch diese Transformation Gleichung (45) über in die folgende, der Anwendung zu Grunde zu legende definitive horistische Form der Differentialgleichung der Zeitreduction:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{d^2\zeta}{du^2} + \left\{ -96q^2 - 960q^4\right\}\zeta\left(\frac{d\zeta}{du}\right)^2 \\ &\quad + \left\{ 192q^3\sin 2u - 128q^2\sin 4u\right\}\frac{d\zeta}{du} \\ &\quad + 512q^3\sin 2u\,(\zeta^2 - h_2) + \frac{2816}{3}q^3\cos 2u\,.\,\zeta^3 \\ &\quad - 1024q^3\cos 2u\,.\,\zeta\frac{d\zeta}{du} \end{aligned}\right\} \quad (52)$$

$$\left.\begin{aligned}
&+\left\{\ 768q^3\sin 2u+128q^2\sin 4u\ \right\}\ \zeta^2\frac{d\zeta}{du}\\
&+\left\{-32q\,(1-17q^2)\sin 2u-256q^2\sin 4u\right\}\ h_2\frac{d\zeta}{du}\\
&+\left\{\ 8q\,(3-89q^2)\sin 2u+96q^2\sin 4u\ \right\}\left(\frac{d\zeta}{du}\right)^2\\
&+\left\{\ 16q\,(3+289q^2)\cos 2u+768q^2\cos 4u\ \right\}\ \zeta\left(\frac{d\zeta}{du}\right)^2\\
&+\left\{\ 16q\,(1+97q^2)\sin 2u+336q^2\sin 4u\ \right\}\left(\frac{d\zeta}{du}\right)^3\\
&+\Omega''''=0.
\end{aligned}\right\}\qquad(52)$$

Ehe wir nun aber der ganzen bisherigen Entwickelung eine kurze Uebersicht der practisch zu befolgenden Rechenvorschriften entnehmen, die bei Anwendung des horistischen Verfahrens zur wirklichen Berechnung der Zeitreduction T auszuführen sind, wollen wir zuvor noch die Gleichung (52) auf ihre horistische Form discutiren.

Da, wie schon erwähnt, $\left(\frac{d\zeta}{du}\right)^2$ nach der Voraussetzung eine positive Constante k_0 enthalten muss, so wird, wenn wir den horistischen Coefficienten mit ν^2 bezeichnen in (52):

$$96q^2\,(1+10q^2)\,k_0=\nu^2.$$

Von Ω'''' berücksichtigen wir nur die langperiodisch elementären Glieder (Form A), deren allgemeine Form $\alpha_i\sin(\sigma_i u+\beta_i)$ ist. Integriren wir dann Gleichung (52) zunächst in erster Näherung, so ist von den mit $\left.\begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix}\right\}2u,\ 4u$ multiplicirten Gliedern abzusehen und man hat, indem wir der Kürze halber nur das erste Glied ausschreiben:

$$\frac{d^2\zeta}{du^2}-\nu^2\zeta=-\alpha\sin(\sigma u+\beta)\qquad(53)$$

Die erste Näherung ergiebt also;

$$\zeta=\frac{\alpha}{\sigma^2+\nu^2}\sin(\sigma u+\beta)=a\sin v\qquad(54)$$

Nun bilden wir:

$$\frac{d\zeta}{du}=a\,\sigma\cos v$$

$$\left(\frac{d\zeta}{du}\right)^2=\frac{1}{2}a^2\sigma^2+\frac{1}{2}a^2\sigma^2\cos 2v$$

$$\left(\frac{d\zeta}{du}\right)^3 = \frac{3}{4}a^3\sigma^3\cos v + \frac{1}{4}a^3\sigma^3\cos 3v$$

$$\zeta\frac{d\zeta}{du} = \frac{1}{2}a^2\sigma\sin 2v$$

$$\zeta\left(\frac{d\zeta}{du}\right)^2 = \frac{3}{4}a^3\sigma^2\sin v + \frac{1}{4}a^3\sigma^2\sin 3v$$

Durch Einführung dieser Werthe in die Differentialgleichung ergiebt sich eine Sinus-Reihe mit den Argumenten:

$$(2 \pm i\sigma)u \pm i\beta \text{ und } (4 \pm i\sigma)u \pm i\beta$$

deren Glieder mit ganzen positiven Potenzen von σ und q multiplicirt sind. Fasst man nur die Glieder niedrigster Potenzen von σ und q ins Auge, also bloss die grössten Glieder, so wird:

$$\frac{d^2\zeta}{du^2} - \nu^2\zeta = -16\sigma q h_2 a\left\{\sin[(2+\sigma)u+\beta] + \sin[(2-\sigma)u-\beta]\right\} \quad (55)$$

woraus:

$$\left.\begin{aligned}\zeta = &\frac{16\sigma q h_2 a}{\nu^2+(2+\sigma)^2}\sin[(2+\sigma)u+\beta]\\ &+\frac{16\sigma q h_2 a}{\nu^2+(2-\sigma)^2}\sin[(2-\sigma)u-\beta]\end{aligned}\right\} \quad (56)$$

Differentirt man diesen Werth und setzt:

$$m = n = 4\sigma q h_2 a$$

so folgt:

$$\frac{d\zeta}{du} = (2+\sigma)m\cos[(2+\sigma)u+\beta] + (2-\sigma)n\cos[(2-\sigma)u-\beta]$$

Durch Einführung dieses Ausdruckes in die Differentialgleichung ergiebt sich mit Beibehaltung nur der niedrigsten Potenzen von q:

$$\frac{d^2\zeta}{du^2} - \nu^2\zeta = 128\sigma^2 q^2 h_2^2 a\sin v \quad (57)$$

Als zweite Annäherung erhält man also:

$$\zeta = -\frac{128\sigma^2 q^2 h_2^2 a}{\sigma^2+\nu^2}\sin v \quad (58)$$

während die übrigen Glieder der zweiten Näherung nothwendig höhere Potenzen von σ und q enthalten müssen. Da ferner h_2 seiner Definition nach der constante Theil von ζ^2 ist und $\zeta = a\sin v$, so ist dieser constante Theil von h_2 also $^1/_2 a^2$. Das horistische Glied aber ist nach der Differentialgleichung:

$$(96q^2 + 960q^4)\,\zeta \asymp \text{pars const}\left(\frac{d\zeta}{du}\right)^2$$

wo:

$$\text{pars const}\left(\frac{d\zeta}{du}\right)^2 = \frac{a^2\sigma^2}{2}$$

Daher wird:

$$\nu^2 = 96q^2\,(1 + 10q^2)\,\sigma^2\,h_2 \quad (59)$$

also:

$$\sigma^2 = \frac{\nu^2}{96q^2\,(1+10q^2)\,h_2}$$

Mithin wird:

$$\zeta = -\frac{4}{3}\,\frac{h_2\,\nu^2 a}{\sigma^2+\nu^2}\,\sin v \quad (60)$$

also:

$$\zeta = \zeta_{(1)} + \zeta_{(2)} = \frac{\alpha}{\sigma^2+\nu^2}\left\{1 - \frac{4}{3}\,\frac{h_2\,\nu^2}{\sigma^2+\nu^2} \pm \ldots\right\}\sin(\sigma u + \beta) \quad (61)$$

wo die Reihe $1 - \frac{4}{3}\,\frac{h_2\,\nu^2}{\sigma^2+\nu^2} \pm \ldots$ im Allgemeinen, da h_2 klein ist, sehr rasch convergirt.

Aus der Differentialgleichung erkennt man, dass bei den successiven Annäherungen nur die Glieder:

$$128q^2 \sin 4u\,\frac{d\zeta}{du} \text{ und } \{48q\cos 2u + \ldots\}\,\zeta\left(\frac{d\zeta}{du}\right)^2$$

Glieder von der Form Constans $\asymp \zeta$ erzeugen können, da diese aber mindestens von der Ordnung q^3 sind, so können sie das horistische Glied $\nu^2\zeta$ in der Differentialgleichung der Zeitreduction nie zum Verschwinden bringen. So erweist sich nach Herrn Backlund[1]) thatsächlich die horistische Form der Differentialgleichung, deren Lösung durch fortgesetzte Approximationen also durch eine gleichförmig convergente Reihe dargestellt wird, falls die α_i in der Differentialgleichung eine solche bilden, worauf wir noch zurückkommen, sodass die Lösung mit einem beliebigen Grad von Genauigkeit erhalten werden kann. Diese Schlussweise bezieht sich aber bloss auf den Fall, dass man ein Glied der rechten Seite der Differentialgleichung in Betracht zieht, wo $h_2 = \frac{a^2}{2}$ ist. Allgemein ist vielmehr statt des Werthes (59):

$$\nu^2 = 96q^2\,(1 + 10q^2)\,k_0 \quad (62)$$

[1]) Cf. auch O. Backlund, Ueber eine horistische Differentialgleichung Gyldén's. Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg. 1902. Mars. Tome XVI, Nr. 3.

zu setzen, wo k_0, wie oben, der constante Theil von $\left(\frac{d\zeta}{du}\right)^2$ ist. Mit Vernachlässigung von q^4 wird dann:

$$\frac{128\sigma^2 h_2^2 a}{\sigma^2+\nu^2} = \frac{4}{3}\frac{\sigma^2 h_2}{k_0}\frac{h_2\nu^2 a}{\sigma^2+\nu^2}$$

Da nun k_0 als constanter Theil von $\left(\frac{d\zeta}{du}\right)^2$ von derselben Ordnung ist wie $\sigma^2 h_2$, so kann sich $\frac{\sigma^2 h_2}{k_0}$ nicht wesentlich von der Einheit unterscheiden und allgemein wird daher:

$$\zeta = \Sigma \frac{\alpha_i}{\sigma_i^2+\nu^2}\left\{1 - \frac{4}{3}\frac{\sigma_i^2 h_2}{k_0}\frac{h_2\nu^2}{\sigma_i^2+\nu^2} \pm \ldots\right\} \sin(\sigma_i u + \beta_i) \quad (63)$$

Da nun nach Le Verrier's und Stockwell's Untersuchungen die Perihelbewegungen nicht alle Null sind, so können nicht alle σ_i zugleich Null sein, also wird auch $\sigma^2 h_2$ und mithin auch k_0 nie gleich Null, und folglich kann der horistische Coefficient ν^2 nicht verschwinden. Somit erweist sich also, dass das horistische Glied bei der Zeitreduction wirklich existirt, indem es nicht im Laufe des Integrationsprocesses durch das Auftreten eines identischen Gliedes aufgehoben wird. —

Will man die Zeitreduction T, deren Ermittelung durch die Differentialgleichung (1) dieser Abtheilung gefordert war, nach dem horistischen Verfahren wirklich berechnen, so hat man also nach den gegebenen Entwickelungen den folgenden Rechenmechanismus anzuwenden, der zu einem convergenten Resultat von beliebig grosser Genauigkeit führt.

Zuerst rechnet man, wie wir gleich zeigen werden, einen genäherten Werth von q, löst mit diesem die Differentialgleichung (52) für ζ in erster Näherung und rechnet darauf aus ζ:

$$y = \zeta + h_2(4q^2\cos 4u - 48q^3\cos 2u - 16q^4\cos 8u)\,\zeta$$

wobei man aber bei der ersten Näherung, wo man h_2 ja noch nicht kennt, da es pars const. V_1^2 ist, $h_2 = 0$ setzt. Aus y rechnet man dann:

$$z = y - 4q\,(1+13q^2)\sin 2u\,.\,y^2 - \frac{8}{3}q\,(1+61q^2)\cos 2u\,.\,y^3$$
$$- 16q^2 \sin 4u\,.\,y^2 - 16q^2 \cos 4u\,.\,y^3$$
$$+ 4h_2 q\,(1+13q^2)\sin 2u + 8h_2 q\,(1-11q^2)\cos 2u\,.\,y$$
$$+ 12h_2 q^2 \sin 4u + 28h_2 q^2 \cos 4u\,.\,y$$
$$- 8q\,(1+13q^2)\cos 2u\,.\,y\frac{dy}{du} + 8q\,(1+61q^2)\sin 2u\,.\,y^2\frac{dy}{du}$$
$$- 16q^2 \cos 4u\,.\,y\frac{dy}{du} + 24q^2 \sin 4u\,.\,y^2\frac{dy}{du}.$$

Mittelst z findet man hierauf:

$$V_1 = \frac{2K}{\pi}\,dn\frac{2K}{\pi}\,(\lambda_0 v + B_0)\,z.$$

Hier ist K gegeben durch den genäherten q-Werth mittelst der aus der Theorie der elliptischen Functionen bekannten Formel:

$$\frac{2K}{\pi} = (1 + 2q + 2q^4 + \ldots)^2$$

und λ_0 durch die characteristischen Argumente bekannt ist; ebenso ist B_0 gegeben. Den genannten genäherten Werth von q verschafft man sich, indem man zunächst h_2 in:

$$\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2 k^2 = \frac{s_0 A_0}{\lambda_0{}^2}\left(1 - \frac{4h_2}{1\,.\,2}\right)$$

Null setzt. Die Grössen s_0 und A_0 aber sind durch die Differentialgleichung (1) gegeben. Daher ist $\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2 k^2$ eine gegebene Grösse mit der man auf Grund der aus der Theorie der elliptischen Functionen bekannten Formel:

$$\frac{2K}{\pi}k = 4\sqrt{q}\,(1 + q^2 + q^6 + \ldots)^2]$$

also:

$$\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2 k^2 = 16q\,(1 + q^2 + q^6 + \ldots)^4$$

einen genäherten Werth von q erhält.

Im Besitz nun also von V_1 kennt man mithin auch $V_1{}^2$ und somit pars const. $V_1{}^2$, d. h. h_2. Jetzt beginnt man die erwähnte Rechnung von neuem, findet zunächst mittelst h_2 einen genaueren q-Werth, danach successive ζ, y, z, V_1 und so $h_2 =$ pars cons $V_1{}^2$ von neuem. Sehr bald gelangt

man auf diese Weise in Besitz eines genügenden q-Werthes, mit dem man dann ein letztes Mal ζ, y, z, V_1 berechnet sowie danach Z_0 aus der Gleichung:

$$s_0 Z_0 = \frac{4q}{1+q^2} \sin G_0 + \frac{1}{2} \frac{4q^2}{1+q^4} \sin 2 G_0 + \ldots$$

in der also s_0 und G_0 durch die Differentialgleichung (1) gegeben sind. In Besitz dieser definitiven Werthe von V_1 und Z_0 findet man den endgültigen Werth der Zeitreduction aus:

$$T = Z_0 + \frac{2}{s_0} V_1$$

Dies die detallirte Ausführung des horisten Verfahrens zur Ermittelung der Zeitreduction, die sich bis jetzt nirgends angegeben findet.

In Besitz der Zeitreduction als Function von v erhält man nach Gleichung (52) der Abtheilung I:

$$t = \zeta(v) + T(v) = f(v)$$

sofort die Beziehung zwischen Zeit und Ort in der Bahn, oder umgekehrt:

$$v = \varphi(t)$$

da die reducirte Zeit ζ aus Gleichung (48) der Abtheilung I berechenbar ist. Somit ist man durch eine convergente Entwickelung in Besitz der Länge in der Bahn gelangt.

B. Die Bestimmung des Radius Vector.

Nachdem im Vorstehenden für die Zeitreduction bis ins kleinste Detail der Beweis erbracht worden ist, wie man nach Gyldén in der That auf convergente Entwickelungen geführt wird, wollen wir den gleichen Beweis für den Radius Vector hier nicht in seinem ganzen Umfange aus den „Nouvelles recherches" reconstruiren, sondern verweisen den Leser auf diese selbst. Die zur Lectüre der diesbezüglichen Parthieen der „Nouv. recherches" nöthigen Voraussetzungen dürften durch Abtheilung II der vorstehenden Darstellung hinreichend gegeben sein. Bei der nachstehenden kurzen Darlegung benutze ich einige von Herrn Backlund gegebene Modificationen der Gyldén'schen Behandlungsweise, die einem bei Gyldén noch etwas zu veränderndem Punkte Rechnung tragen: wie die „kritischen

Glieder der zweiten Art" ganz zu vermeiden sind. Denn diese Modificationen bei meinen weiteren Untersuchungen auf Hilda anzuwenden habe ich für praktisch befunden. Dem Hauptinhalt nach finden sich dieselben, wenn auch in anderem Zusammenhang und anderer Form, wie sie im folgenden gegeben sind, bereits in Hrn. Backlund's zweiter Abhandlung über den Hecubatypus[1]) verwendet. Ferner danke ich einige Abänderungen des dort zur Verwerthung gelangten Hrn. Backlund's gütiger persönlicher Mittheilung. Wiewohl diese Modificationen vielleicht noch weitere Abänderungen durch Herrn Backlund erfahren, so enthalten sie doch, was für uns hier nachzuweisen momentan der Hauptzweck ist, den Nachweis, dass man die kritischen Glieder der zweiten Art, welche die Convergenz in gewissen Fällen illussorisch machen könnten, ganz vermeiden kann. Indem ich aber in folgenden an Stelle der von Hrn. Backlund gebrauchten independenten Variabeln τ im reinen Gyldén'schen Sinne die wahre Länge v einführe und in Kürze an meine Untersuchungen über den Typus $^2/_3$ anknüpfe, lässt sich der Weg in den Grundlinien etwa wie folgt andeuten, indem die Detailentwickelungen bei meinen weiteren Untersuchungen über Hilda werden ersichtlich werden.

Entwickelt man P und Q (eine Entwickelung, die in meinen Untersuchungen über Hilda im zweiten Kapitel ausgeführt ist), so erhält man für (ϱ), d. s. die elementären Glieder der Form B in $\varrho = (\varrho) + \delta\varrho$ die folgende Gleichung, wobei die Klammer um ϱ fortgelassen werden soll:

$$\frac{d^2\varrho}{dv^2} + \varrho = m' A\varrho + m' B\varrho^3 + m' C\varrho'^2\,\varrho + \ldots \quad (1)$$

wo die $A, B, C \ldots$ bloss Functionen des Verhältnisses der mittleren Entfernungen $\frac{a}{a'} = \alpha$ sind, sodass die Coefficienten $m'A$, $m'B$ etc. also sämmtlich von der ersten Ordnung sind. Nun ist ja (wie in meinen Untersuchungen über den Typus $^2/_3$ des Näheren dargelegt ist [cf. pag. 119]):

$$\varrho = \eta \cos\{(1-\varsigma)\,v - \pi\} = \eta \cos \mathrm{v}$$

also:

$$\varrho^2 = \frac{1}{2}\eta^2 + \frac{1}{2}\eta^2 \cos 2\mathrm{v} = \left(\frac{\eta^2}{2} - H\right) + \frac{\eta^2}{2}\cos 2\mathrm{v} + H$$

[1]) O. Backlund. Ueber die Bewegung kleiner Planeten vom Hecubatypus. Mémoires de l'Académie impériale des sciences de St. Pétersbourg. VIII Série. Tome VI. No. 10.

Bestimmt man jetzt H so, dass η^2 kein constantes Glied enthält, so wird:

$$\varrho^3 = \varrho^2\,\varrho = H\varrho + \left(\frac{\eta^2}{2} - H + \frac{\eta^2}{2}\cos 2\mathrm{v}\right)\varrho$$

wo H eine Constante, deren Werth sich sogleich ergeben wird, und $\left(\frac{\eta^2}{2} - H + \frac{\eta^2}{2}\cos 2\mathrm{v}\right)$ ein periodisches Aggregat ist. Ferner wird:

$$\varrho'^2 = \frac{\eta'^2}{2} + \frac{\eta'^2}{2}\cos 2\mathrm{v}'$$

etc. Die Differentialgleichung (1) geht also, wenn wir den Theil, welcher Constanz $\varkappa\varrho$ enthält, auf die linke Seite bringen, über in die folgende:

$$\frac{d^2\varrho}{dv^2} + \left\{1 - m'A - \frac{1}{2}m'C(\eta'^2) - m'BH\right\}\varrho = \Sigma\,\alpha_i\cos\left\{(1-\sigma_i)\,v - A + \Gamma_i\right\}$$

oder:

$$\frac{d^2\varrho}{dv^2} + (1 - \beta_1 - \beta_3 H)\,\varrho = \Sigma\,\alpha_i\cos\{(1-\sigma_i)\,v - b_i\} \quad (2)$$

Hier sind also β_1 und β_3 von der ersten Ordnung und H ist der constante Theil von η^2, wo bekanntlich (cf. Untersuchungen über den Typus $^2/_3$ pag. 85 und 119):

$$\eta^2 = \varkappa^2 + \Sigma\varkappa_n^2 + 2\,\Sigma\Sigma\,k_n\varkappa_m\cos\{(\varsigma_n - \varsigma_m)\,v + \Gamma_n - \Gamma_m\}.$$

ist. Da aber die $\varkappa_n$ vorläufig noch unbekannt sind, so ist η^2 und ebenso die „horistische" Function H zunächst noch unbekannt.

Das Integral der Differentialgleichung (2) ist nun aber (cf. Typus $^2/_3$ pag. 59, 118, 141):

$$\varrho = -\varkappa\cos\{(1-\varsigma)\,v + A - \Gamma_i\} + \sum\frac{\alpha_i}{[1-\beta_1-\beta_3 H] - [1-\sigma_i]^2}\cos\{(1-\sigma_i)\,v - b_i\}.$$

Setzt man:

$$1 - \beta_1 - \beta_3 H = (1-\varsigma)^2$$

so ist ς bekannt, wenn β_1, β_3 und H bekannt sind. Bezeichnet man allgemein mit $\varkappa_i$ den Coefficienten:

$$\frac{\alpha_i}{(1-\varsigma)^2 - (1-\sigma_i)^2} = \varkappa_i \quad (3)$$

und:

$$(1-\sigma_i)\,v - b_i = \mathrm{v}_i$$

so wird:

$$\varrho = -\varkappa\cos\mathrm{v} - \varkappa_1\cos\mathrm{v}_1 - \varkappa_2\cos\mathrm{v}_2 - \ldots \quad (4)$$

und:

$$H = \frac{1}{2}\varkappa^2 + \frac{1}{2}\varkappa_1^2 + \frac{1}{2}\varkappa_2^2 + \ldots \quad (5)$$

also die Bestimmungsgleichung für H:

$$2H = \varkappa^2 + \sum \frac{\alpha_i^2}{\{(1-\beta_1-\beta_3 H)-(1-\sigma_i)^2\}^2} \quad (6)$$

d. ist eine Gleichung dritten Grades in H, aus der sich stets ein endlicher reeller Werth von H ergiebt, indem die $\varkappa$ eine convergente Folge bilden (cf. Nouv. Recherches § 1, 2; § 7, 2; § 8, 1). Hieraus folgt also zunächst, dass keiner der Divisoren Null werden kann. Indess kann doch der Fall eintreten, dass einige der σ_i derart zusammengesetzt sind, dass die „horistische Function" H im Nenner überhaupt nicht vorkommt. Dann wäre es also nicht möglich einen sehr kleinen Divisor und damit einen sehr grossen Coefficienten $\varkappa_i$ zu vermeiden, der eventuell sogar grösser werden kann, als von der Ordnung der Excentricität. Ein solcher Fall tritt z. B. ein, wenn:

$$\sigma_i = \varsigma - \sigma_k + \sigma_h \quad (7)$$

ist, wo nur ς die Function H enthält. Dann wird der entsprechende $\varkappa$-Coefficient, indem man (7) in (3) einführt und ausrechnet:

$$-\varkappa_n = \frac{\alpha_n}{(\sigma_h-\sigma_k)\{2(1-\varsigma)+\sigma_k-\sigma_h\}} = \frac{1}{2}\frac{\alpha_n}{\sigma_h-\sigma_k}\left\{1+\varsigma-\frac{\sigma_h-\sigma_k}{2}\cdots\right\} \quad (8)$$

Hier kommt also H im Nenner gar nicht mehr vor, und die Grösse $\sigma_h-\sigma_k$, die z. B. für Jupiter und Uranus sehr klein wird, wäre somit nicht unschädlich zu machen. Es folgt hieraus, dass im Ausdruck von H mindestens ein Glied ausser $\varkappa$ vorkommt, das H nicht enthält, eben:

$$\left\{\frac{\alpha_n}{2(\sigma_h-\sigma_k)}\right\}$$

In einem solchen Fall wäre der Nutzen der horistischen Differentialgleichung illusorisch und die Convergenz unerweislich, während für die übrigen Glieder die horistische Function wirklich vorhanden ist. Um aber auch für diesen Fall kleine Divisoren zu vermeiden, und die Convergenz sicher zu stellen, gehen wir für die elementären Glieder der Form B des ersten und dritten Grades im Radius Vector (indem solche vom zweiten Grad bekanntlich nicht existiren, cf. Untersuchungen über den Typus $^2/_3$ Cap. III) aus von der folgenden Differentialgleichung, deren Form sich bei der Anwendung auf Hilda des Näheren ergeben wird und die auch Herr Backlund für Hecuba ganz ähnlich verwendet hat:

$$\left.\begin{aligned}\frac{d^2\varrho}{dv^2} + (1-\beta_1-\beta_3 H)\,\varrho = \beta_0\,\eta'\cos V' + \beta_4\,\eta'^3\cos V' + \beta_6\eta\,\eta'^2\cos(2V'-V)\\ + \{\beta_2(\eta'^2) + \beta_3(\eta^2 - H)\}\,\varrho\\ + \beta_5\,\eta^2\,\eta'\cos V'\end{aligned}\right\} \quad (9)$$

wo (η'^2) den periodischen Theil von η'^2 bezeichnet und $\eta^2 - H$ den periodischen Theil von η^2. Die Coefficienten β ferner sind alle von der Form $m' f\left(\frac{a}{a'}\right)$ wo $f\left(\frac{a}{a'}\right)$ eine Potenzreihe repräsentirt, die nach Potenzen von $\frac{a}{a'} < 1$ fortschreitet.

Die Gleichung (9) wollen wir nun transformiren, indem wir die Bezeichnung einführen:

$$\varkappa \Sigma \mu_i \varkappa_i \cos\{(\sigma_i - \varsigma)\,v + \Gamma_i - \Gamma\} = P$$
$$\Sigma \mu'_i \varkappa_i \varkappa_j \cos\{(\sigma_i - \sigma_j)\,v + \Gamma_i - \Gamma_j\} = Q$$

und setzen:

$$\varrho = -\varkappa \cos\{(1-\varsigma)\,v + \Lambda - \Gamma\} - \lambda\eta' \cos V'.$$

So wird:

$$P\varrho = -P\varkappa \cos\{(1-\varsigma)\,v + \Lambda - \Gamma\} - \lambda P\,\eta' \cos V'$$

Ferner:

$$\eta^2 = H + (\eta^2 - H) = H + 2\varkappa \Sigma \varkappa_i \cos\{(\sigma_i - \varsigma)\,v + \Gamma_i - \Gamma\} + 2\Sigma \varkappa_i \varkappa_j \cos\{(\sigma_i - \sigma_j)\,v + \Gamma_i - \Gamma_j\}$$

Setzt man weiter zur Abkürzung:

$$2\varkappa \Sigma \varkappa_i \cos\{(\sigma_i - \varsigma)\,v + \Gamma_i - \Gamma\} = \frac{p}{\beta_1}$$
$$2\Sigma \varkappa_i \varkappa_j \cos\{(\sigma_i - \sigma_j)\,v + \Gamma_i - \Gamma_j\} = \frac{q}{\beta_5}$$

so wird:

$$\beta_5\,\eta^2\,\eta' \cos V' - \lambda P \eta' \cos V' = (\beta_5\eta^2 - \lambda P)\,\eta' \cos V' = \beta_5 H \eta' \cos V' + (p - \lambda P)\,\eta' \cos V' + q\eta' \cos V'$$

Hier setzen wir weiter:

$$p - \lambda P = P_1$$

während q von derselben Form wie Q bezüglich P ist.

Der Ausdruck $P_1\,\eta' \cos V'$, der in letzterer Gleichung auftritt, kann nun wie folgt transformirt werden:

$$P_1\,\eta' \cos V' = \varkappa_1 \varrho - \varkappa_1 \lambda\eta' \cos V' + \Sigma \alpha_i \cos\{(1 + \varsigma - \sigma_i - \sigma_j)\,v + \Lambda + \Gamma - \Gamma_i - \Gamma_j\}$$
$$- Q_c \lambda\,\eta' \cos V' + Q_s \lambda \frac{d\eta' \cos V'}{dv}$$
$$- Q_c \varrho' + Q_s \frac{d\varrho}{dv}$$

Hier hat Q_c dieselbe Form wie Q, und Q_s unterscheidet sich von Q_c blos dadurch, dass an Stelle des cosinus der sinus steht:

$$Q_s = \Sigma \varkappa_i \varkappa_j \sin \{(\sigma_i - \sigma_j)\, v + \Gamma_i - \Gamma_j\}$$

Man sieht jetzt, dass zwei verschiedene Arten von Gliedern auftreten, nämlich erstens solche, welche die horistische Function H enthalten und zweitens solche, welche H nicht enthalten. Die ersteren Glieder sollen kritische Glieder der ersten Art, die letzteren kritische Glieder der zweiten Art genannt werden, deren Argument also die Form $1 - \varsigma \pm (\sigma_i \pm \sigma_j)$ hat. Setzt man jetzt:

$$\begin{aligned} & m' n_0 = \beta_0 \\ & \beta_1 + \gamma_1^{(2)} = \bar{\beta}_1 \\ & (\beta_3 + \gamma_1)\, H = \bar{\beta}_3 \\ & Q_0^{\,2} = m' \times \text{Constante vom 2. Grad} \\ & \beta_1 (\eta'^2) + q - Q_c \lambda = (Q) \end{aligned}$$

wo n_0 eine Constante, die nahe gleich 1 und γ_1 und $\gamma_1^{(2)}$ Constanten der ersten Ordnung und bezüglich vom ersten und zweiten Grad sind, so wird Gleichung (9):

$$\left.\begin{aligned} & \frac{d^2\varrho}{dv^2} + (1 - \bar{\beta}_1 - \bar{\beta}_3 H)\,\varrho = \{\beta^0 + \beta_0^{(2)} + (Q)\}\, \eta' \cos V' + \Sigma \alpha_i \cos \{(1 + \varsigma - \sigma_i - \sigma_j) v + \Lambda + \Gamma - \Gamma_i - \Gamma_j\} \\ & - P\varkappa \cos \{(1 - \varsigma)\, v + \Lambda - \Gamma\} + \beta_6\, \eta\, \eta'^2 \cos (2V' - V) + Q_s \lambda \frac{d\eta' \cos V}{dv} \\ & + (Q - Q_c)\, \varrho + Q_s \frac{d\varrho}{dv} \end{aligned}\right\} \quad (10)$$

oder, wenn man zur Abkürzung setzt:

$$\begin{aligned} & \Sigma \alpha_i \cos \{(1 + \varsigma - \sigma_i - \sigma_j)\, v + \Lambda + \Gamma - \Gamma_i - \Gamma_j\} \\ & - P\varkappa \cos \{(1 - \varsigma)\, v + \Lambda - \Gamma\} + \beta_6\, \eta\, \eta'^2 \cos (2V' - V) = S \\ & Q - Q_c = Q \end{aligned}$$

auch:

$$\left.\begin{aligned} & \frac{d^2\varrho}{dv^2} + (1 - \bar{\beta}_1 - \bar{\beta}_3 H)\,\varrho = \{\beta_0 + \beta_0^{(2)} + (Q)\}\, \eta' \cos V' + \lambda Q_s \frac{d(\eta' \cos V')}{dv} + S \\ & + Q\varrho + Q_s \frac{d\varrho}{dv} \end{aligned}\right\} \quad (11)$$

Man überzeugt sich nun im Falle eines bestimmten Planetentypus, wie z. B. Hecuba $\left(\frac{1}{2}\right)$ oder Hilda $\left(\frac{2}{3}\right)$, dass die in der ersten Zeile der rechten Seite der Differentialgleichung (11) stehenden Glieder kritische Glieder erster Art, die in der zweiten Zeile stehenden hingegen solche der zweiten

Art sind und es ist noch zu bemerken, dass bloss das Glied $\beta_0 \eta' \cos V'$ vom ersten Grad, die übrigen Glieder aber sämmtlich vom dritten Grad sind.

Es kommt jetzt darauf an, nachzuweisen, wie man sich von den kritischen Gliedern der zweiten Art, welche die horistische Function H nicht enthalten und darum mit verschwindend kleinen Divisoren behaftet, also sehr gross werden könnten, ganz befreit. Dazu setzen wir in Modification des von Gyldén in den „Nouvelles recherches" gegebenen Ansatzes nach Herrn Backlund:

$$\varrho = E - \varphi_0 E + \varphi_1 \frac{dE}{dv} \quad (12)$$

wo E bezüglich vom ersten und φ_0 und φ_1 vom zweiten Grad sind, und erhalten durch Einführung des Werthes (12) in Gleichung (11) die folgende Differentialgleichung zur Bestimmung der elementären Glieder der Form B des ersten und dritten Grades im Radius Vector:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{d^2E}{dv^2} + (1-\varsigma)^2 E - \varphi_0 \left\{ \frac{d^2E}{dv^2} + (1-\varsigma)^2 E \right\} - \frac{d^2\varphi_0}{dv^2} E + \\ &+ 2\frac{d\varphi_1}{dv}\frac{d^2E}{dv^2} - (1-\varphi_0)\bar{Q}E + \left\{ \frac{d^2\varphi_1}{dv^2} - 2\frac{d\varphi_0}{dv} \right\} \frac{dE}{dv} + \\ &+ \varphi_1 \left\{ \frac{d^3E}{dv^2} + (1-\varsigma)^2 \frac{dE}{dv} \right\} - \varphi_1 \bar{Q} \frac{dE}{dv} + \\ &+ Q_s \left\{ 1 - \varphi_0 + \frac{d\varphi_1}{dv} \right\} \frac{dE}{dv} - Q_s \frac{d\varphi_0}{dv} E + Q_s \varphi_1 \frac{d^2E}{dv^2} = \\ &= \left\{ \beta_0 + \beta_0^{(2)} + (Q) \right\} \eta' \cos V' + \lambda Q_s \frac{d\eta' \cos V'}{dv} + S. \end{aligned}\right\} \quad (13)$$

Betrachten wir also, da wir bloss bis inclusive zu Gliedern dritten Grades gehen, φ_0 und φ_1 als Grössen zweiten Grades, so können wir in Gleichung (13) überall da, wo φ_0 und φ_1 oder deren Ableitungen als Factoren auftreten:

$$\frac{d^2E}{dv^2} + (1-\varsigma)^2 E = \beta_0 \eta' \cos V'$$

$$\frac{d^3E}{dv^3} + (1-\varsigma)^2 \frac{dE}{dv} = \frac{d(\beta_0 \eta' \cos V')}{dv}$$

setzen. Dann reducirt sich Gleichung (13) auf die folgende:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{d^2E}{dv^2} + (1-\varsigma)^2 E \\ &- \left\{ \frac{d^2\varphi_0}{dv^2} + 2(1-\varsigma)^2 \frac{d\varphi_1}{dv} + (1-\varphi_0)\bar{Q} + Q_s \left[\varphi_1 (1-\varsigma)^2 + \frac{d\varphi_0}{dv} \right] \right\} E \end{aligned}\right\} \quad (14)$$

$$\left.\begin{aligned} &+\left\{ \frac{d^2\varphi_1}{dv^2} - 2\frac{d\varphi_0}{dv} - \varphi_1\bar{Q} + Q_s\left(1-\varphi_0+\frac{d\varphi_1}{dv}\right)\right\}\frac{dE}{dv} = \\ &= \left\{ \beta_0 + \beta_0^{(2)} + \varphi_0 - 2\frac{d\varphi_1}{dv} + (Q) - \varphi_1 Q_s \right\}\eta'\cos V' - \\ &- \left\{ \beta_0\varphi_1 - \lambda Q_s \right\}\frac{d\eta'\cos V'}{dv} + S\,. \end{aligned}\right\} \quad (14)$$

In dieser Gleichung setzt man nun:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{d^2\varphi_0}{dv^2} + 2(1-\varsigma)^2\frac{d\varphi_1}{dv} + (1-\varphi_0)\bar{Q} + \left\{ \varphi_1(1-\varsigma)^2 + \frac{d\varphi_0}{dv}\right\} Q_s = \nu\varphi_0 \\ &\frac{d^2\varphi_1}{dv^2} + 2\frac{d\varphi_0}{dv} - \varphi_1\bar{Q} + \left\{ 1-\varphi_0 + \frac{d\varphi_1}{dv}\right\} Q_s = -\nu\varphi_1 \end{aligned}\right\} \quad (15)$$

wo ν eine willkürliche Constante bedeutet. Differentirt man jetzt und vernachlässigt die dritte Ableitung von φ_0 und φ_1 so erhält man die beiden horistischen Differentialgleichungen, in denen man an Stelle von ν die horistische Function H einführen kann:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{d^2\varphi_0}{dv^2} - \frac{\nu^2}{4(1-\varsigma)^2}\varphi_0 = -\frac{\nu}{4(1-\varsigma)^2}\left\{ (1-\varphi_0)\bar{Q} + \left[\varphi_1(1-\varsigma)^2 + \frac{d\varphi_0}{dv}\right]Q_s \right\} \\ &\qquad\qquad - \frac{1}{2}\frac{d\left\{ \varphi_1\bar{Q} - Q_s\left(1-\varphi_0+\frac{d\varphi_1}{dv}\right)\right\}}{dv} \\ &\frac{d^2\varphi_1}{dv^2} - \frac{\nu^2}{4(1-\varsigma)^2}\varphi_1 = -\frac{1}{2(1-\varsigma)^2}\frac{d\left\{ (1-\varphi_0)\bar{Q} + \left[\varphi_1(1-\varsigma)^2 + \frac{d\varphi_1}{dv}\right]Q_s\right\}}{dv} \\ &\qquad\qquad + \frac{\nu}{2}\left\{ \varphi_1\bar{Q} + \left(1-\varphi_0+\frac{d\varphi_1}{dv}\right)Q_s \right\} \end{aligned}\right\} \quad (16)$$

Zu ihrer Integration setzt man in erster Annäherung:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{d^2\varphi_0}{dv^2} - \frac{H^2}{4}\varphi_0 = -\frac{H}{4}\bar{Q} - \frac{1}{2}\frac{dQ_s}{dv} \\ &\frac{d^2\varphi_1}{dv^2} - \frac{H^2}{4}\varphi_1 = -\frac{1}{2}\frac{dQ}{dv} - \frac{H}{2}Q_s \end{aligned}\right\} \quad (17)$$

So erhält man genäherte Werthe von φ_0 und φ_1 und mit diesen aus den Gleichungen (16) genauere Werthe von φ_0 und φ_1. Hat man φ_0 und φ_1 genügend genau bestimmt, so findet man E nach Gleichung (13) aus:

$$\frac{d^2E}{dv^2} + (1-\varsigma)^2 E = F'\eta'\cos V' + G\frac{d\eta'\cos V'}{dv} - \nu\varphi_0 E - \nu\varphi_1\frac{dE}{dv} \quad (18)$$

Im Besitz von φ_0, φ_1 und E erhält man die elementären Glieder der Form B im Radius Vector aus:

$$\varrho = E - \varphi_0 E + \varphi_1 \frac{dE}{dv} \quad \ldots \quad (19)$$

Die Behandlung der Differentialgleichung in $\frac{z}{\delta}$ für die Breite kann derjenigen für den Radius Vector analog durchgeführt werden, weshalb hier von dieser Gleichung ganz abgesehen wurde.

Mit dieser die „Nouvelles recherches“ gewissermaassen ergänzenden Bemerkung über das Vermeiden der kritischen Glieder zweiter Art lassen wir es hinsichtlich des Radius Vector hier bewenden. —

IV.

Zusammenstellung.

Zum Schluss soll aus den vorstehenden Entwickelungen ein kurzes Resumé gezogen und der Weg in den allgemeinen Umrissen angedeutet werden, den man bei Anwendung des horistischen Integrationsverfahrens einzuschlagen hat.

Zunächst ermittelt man bei Behandlung eines bestimmten vorliegenden Planetentypus alle elementären, characteristischen und grossen gewöhnlichen Glieder, die in den partiellen Derivierten der Störungsfunction P und Q auftreten, inclusive bis zum dritten Grade (und unter Umständen, in besonders complicirten Fällen, noch etwas weiter), wie dies im ersten Theil meiner Untersuchungen über den Hildatypus ($^2/_3$) (cf. Cap. III) bereits incl. bis zum zweiten Grade im Detail durchgeführt ist. Im Besitz dieser Glieder, die den als wesentlich in Betracht kommenden Theil der Störungsfunction vollständig darstellen, bildet man aus ihnen wirklich die rechten Seiten der zu integrirenden Gyldén'schen Differentialgleichungen in S, ϱ, T und ζ, wie im ersten Theil meiner Untersuchungen über Hilda (cf. Cap. IV) ausführlich dargelegt ist. Nur hat man — während in Einzelnen viele der auszuführenden Operationen dieselben bleiben — bei Anwendung des horistischen Verfahrens den folgenden, etwas abweichenden Weg einzuschlagen.

Zunächst berechnet man alle langperiodischen elementären Glieder (Form A) und alle langperiodischen characteristischen Glieder (Form C), sowie alle kurzperiodischen elementären und characteristischen Glieder (Form B und D) und schliesslich die als gross in Betracht kommenden gewöhnlichen Störungsglieder in S mittelst Integration der folgenden von uns abgeleiteten Differentialgleichung:

$$-\frac{1}{1+S}\frac{dS}{dv} = \frac{(1+S)^2}{1+\bar{g}}Q + \frac{1}{2}\frac{1}{1-\eta^2}\frac{d\eta^2}{dv}. \quad \text{(I)}$$

Dass dabei eigentlich elementäre Glieder der Form B in S nicht existiren,

sondern nur solche, die hinsichtlich des Argumentes der Form nach elementär vom Typus B sind, ist im 3. Capitel meiner Untersuchungen über den Typus ($^2/_3$) dargelegt; und im 3. Capitel daselbst ist ausführlichst gezeigt, wie man der Variabilität der langperiodischen Functionen η und π, sowie der Variabilität der Zeitreduction in den Argumenten durch partielle Integration Rechnung trägt, wodurch man einerseits die Zusatzglieder, andererseits die exargumentalen Glieder erhält.

Hierauf bildet man (cf. Typus $^2/_3$, Cap. IV) mittelst des gefundenen Werthes von S und der gleichfalls ermittelten Werthe von P und Q die folgende Differentialgleichung zur Bestimmung des Radius Vector, unter Berücksichtigung der Glieder der Form (A), (B), (C), (D) und der grossen gewöhnlichen Glieder:

$$\left.\begin{aligned}\frac{d^2\varrho}{dv^2}+(1+\bar{g})^2\varrho = &-\left\{\frac{2}{1-\eta^2}\frac{d\eta^2}{dv}+\frac{(1+S)^2}{1+\bar{g}}Q\right\}\frac{d\varrho}{dv}+(1+S)^2-(1+\bar{g})^2-(1-\eta^2)(1+S)^2.P\\ &-\left\{\frac{1}{1-\eta^2}\frac{d^2\eta^2}{dv^2}+\frac{2}{(1-\eta^2)^2}\left(\frac{d\eta^2}{dv}\right)^2+\frac{(1+S)^2}{(1+\bar{g})(1-\eta^2)}Q\frac{d\eta^2}{dv}\right\}(1+\varrho)\end{aligned}\right| \quad \text{(II)}$$

Bis hierher stimmt der beim horistischen Verfahren einzuschlagende Weg mit dem früheren Gyldén'schen Weg, wie ich ihn für Hilda bisher anwandte, nahezu überein; nur sind die Differentialgleichungen (I) und (II), wie zuvor gezeigt, etwas allgemeiner und unterscheiden sich von den von Gyldén früher gebrauchten durch die Grösse $\bar{g}$.

Nun aber ist bei Anwendung des horistischen Verfahrens ein durchaus anderer Weg, als der zuvor noch von Gyldén befolgte, einzuschlagen. In der Differentialgleichung (II) setzt man zuvor noch, wie in meinen Untersuchungen über Hilda (cf. Capitel IV) durchgeführt ist:

$$\varrho = (\varrho) + R - (\varrho) + \delta\varrho$$

und bestimmt die Glieder aller Formen, mit Ausnahme der elementären Glieder der Form B aus der Differentialgleichung in $\delta\varrho$.

Die elementären Glieder der Form B im Radius Vector hingegen kann man in folgender Weise bestimmen, indem man von vorneherein die Glieder des 3. Grades mit berücksichtigt, wodurch man die horistische Function H in die Entwickelungen bekommt und so die ununendlich kleinen Divisoren ganz vermeidet. Zunächst ermittelt man (indem hinsichtlich der Bedeutung der einzelnen Buchstaben auf die vorausgehende

Darstellung verwiesen sei), genäherte Werthe der Grössen φ_0 und φ_1 mittelst der folgenden Differentialgleichungen:

$$\left.\begin{aligned} \frac{d^2\varphi_0}{dv^2} - \frac{1}{4} H^2 \varphi_0 &= -\frac{1}{4} HQ - \frac{1}{2} \frac{dQ_s}{dv} \\ \frac{d^2\varphi_1}{dv^2} - \frac{1}{4} H^2 \varphi_1 &= -\frac{1}{2} \frac{d\bar{Q}}{dv} - \frac{1}{2} HQ_s \end{aligned}\right\} \quad \text{(III)}$$

und hierauf mit diesen Näherungswerthen genauere Werthe aus:

$$\left.\begin{aligned} \frac{d^2\varphi_0}{dv^2} - \frac{1}{4}\frac{H^2}{(1-\varsigma)^2}\varphi_0 &= -\frac{H}{4(1-\varsigma)^2}\left\{(1-\varphi_0)Q + \left[\varphi_1(1-\varsigma)^2 + \frac{d\varphi_0}{dv}\right]Q_s\right\} \\ &\quad - \frac{1}{2}\frac{d\left\{\varphi_1\bar{Q} - Q_s(1-\varphi_0) + \frac{d\varphi_1}{dv}\right\}}{dv} \\ \frac{d^2\varphi_1}{dv^2} - \frac{1}{4}\frac{H^2}{(1-\varsigma)^2}\varphi_1 &= -\frac{1}{2(1-\varsigma)^2}\frac{d\left\{(1-\varphi_0)\bar{Q} + \left[\varphi_1(1-\varsigma)^2 + \frac{d\varphi_1}{dv}\right]Q_s\right\}}{dv} \\ &\quad + \frac{H}{2}\left\{\varphi_1\bar{Q} + \left(1-\varphi_0 + \frac{d\varphi_1}{dv}\right)Q_s\right\} \end{aligned}\right\} \quad \text{(IV)}$$

Sind φ_0 und φ_1 gefunden, so ergiebt sich E aus:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{d^2E}{dv^2} + (1-\varsigma)^2 E \\ &-\left\{\frac{d^2\varphi_0}{dv^2} + 2(1-\varsigma)^2\frac{d\varphi_1}{dv} + (1-\varphi_0)\bar{Q} + Q_s\left[\varphi_1(1-\varsigma)^2 + \frac{d\varphi_0}{dv}\right]\right\}E \\ &+\left\{\frac{d^2\varphi_1}{dv^2} - 2\frac{d\varphi_0}{dv} - \varphi_1 Q + Q_s\left(1-\varphi_0 + \frac{d\varphi_1}{dv}\right)\right\}\frac{dE}{dv} = \\ &= \left\{\beta_0 + \beta_0^{(2)} + \varphi_0 - 2\frac{d\varphi_1}{dv} + (Q) - \varphi_1 Q_s\right\}\eta' \cos V' - \\ &- \left\{\beta_0\varphi_1 - \lambda Q_s\right\}\frac{d\eta' \cos V'}{dv} + S. \end{aligned}\right\} \quad \text{(V)}$$

Also (ϱ) aus:

$$(\varrho) = E - \varphi_0 E + \varphi_1 \frac{dE}{dv} \quad \text{(VI)}$$

Und ϱ selbst aus:

$$\varrho = (\varrho) + \delta\varrho \quad \text{(VII)}$$

Der Radius Vector aber aus:

$$r = \frac{a(1-\eta^2)}{1+\varrho} \quad \text{(VIII)}$$

Unbekannt in S und ϱ ist nur noch die Zeitreduction T, welche in den Argumenten von S und ϱ auftritt und die ihrerseits auch die wahre Länge in der Bahn v als Function der Zeit ergiebt. Zunächst kann man die kurzperiodischen und gewöhnlichen Glieder in T aus der Differentialgleichung:

$$\left.\begin{aligned} n\frac{dT}{dv} &= \left\{ 1 - 2\eta\cos \mathrm{v} + \frac{3}{2}\eta^2\cos 2\mathrm{v} - \eta^3\cos 3\mathrm{v} + \ldots \right\} S \\ &- 2\left\{ 1 + \frac{3}{2}\eta^2 - 3\eta(1+\eta^2)\cos \mathrm{v} + 3\eta^2\cos 2\mathrm{v} - \frac{5}{2}\eta^3\cos 3\mathrm{v} + \ldots \right\} \delta\varrho(1+S) \\ &+ 3\left\{ 1 + \frac{7}{2}\eta^2 - 4\eta\cos \mathrm{v} + 5\eta^2\cos 2\mathrm{v} - \ldots \right\} \delta\varrho^2(1+S) \\ &- 4\left\{ 1 - 5\eta\cos \mathrm{v} + \ldots \right\} \delta\varrho^3 + \ldots \end{aligned}\right\} \text{(IX)}$$

bestimmen.

Die langperiodischen Glieder in der Zeitreduction aber berechnet man durch den folgenden im Vorhergehenden ausführlich begründeten Gyldén'schen Algorithmus. Indem s_0, A_0, λ_0 Grössen repräsentiren, die durch die rechte Seite der ursprünglichen Differentialgleichung für T:

$$\frac{d^2T}{dv^2} = -A_0 \sin(G_0 + s_0 T) - X_1 - \Omega_1 \quad \text{wo: } G_n = 2\lambda_n v + 2B_n$$

gegeben sind, findet man zunächst genähert:

$$\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2 k^2 = \frac{s_0 A_0}{\lambda_0{}^2} \quad \text{(X)}$$

Damit ergiebt sich ein genäherter Werth von q aus:

$$\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2 k^2 = 16q(1 + q^2 + q^6 + \ldots)^4 \quad \text{(XI)}$$

In Besitz dieses genäherten Werthes von q rechnet man durch successive Approximationen ζ aus der horistischen Differentialgleichung:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{d^2\zeta}{du^2} + \left\{ -96q^2 - 960q^4 \right\} \zeta\left(\frac{d\zeta}{du}\right)^2 \\ &\quad + \left\{ 192q^3\sin 2u - 128q^2\sin 4u \right\} \frac{d\zeta}{du} \\ &\quad + 512q^3\sin 2u(\zeta^2 - h_2) + \frac{2816}{3}q^3\cos 2u \,.\, \zeta^3 \\ &\quad - 1024q^3\cos 2u \,.\, \zeta\frac{d\zeta}{du} \\ &\quad + \left\{ 768q^3\sin 2u + 128q^2\sin 4u \right\} \zeta^2\frac{d\zeta}{du} \\ &\quad + \left\{ -32q(1 - 17q^2)\sin 2u - 256q^2\sin 4u \right\} h_2\frac{d\zeta}{du} \\ &\quad + \left\{ 8q(3 - 89q^2)\sin 2u + 96q^2\sin 4u \right\} \left(\frac{d\zeta}{du}\right)^2 \end{aligned}\right\} \text{(XII)}$$

$$\left.\begin{aligned} &+ \left\{ 16q\,(3+289q^2)\cos 2u + 768q^2\cos 4u \right\} \zeta\left(\frac{d\zeta}{du}\right)^2 \\ &+ \left\{ 16q\,(1+97q^2)\sin 2u + 336q^2\sin 4u \right\} \left(\frac{d\zeta}{du}\right)^2 \\ &+ \Omega'''' = 0. \end{aligned}\right\} \quad \text{(XII)}$$

indem man jetzt $h_2 = 0$ setzt. Mittelst dieses genäherten ζ-Werthes rechnet man successive aus ζ:

$$y = \zeta + h_2(4q^2\cos 4u - 48q^3\cos 2u - 16q^4\cos 8u)\zeta \quad \text{(XIII)}$$

Mittelst y findet man z aus:

$$\left.\begin{aligned} z = y &- 4q\,(1+13q^2)\sin 2u\,.\,y^2 - \frac{8}{3}q\,(1+61q^2)\cos 2u\,.\,y^3 \\ &- 16q^2\sin 4u\,.\,y^2 - 16q^2\cos 4u\,.\,y^3 \\ &+ 4h_2q\,(1+13q^2)\sin 2u + 8h_2q\,(1-11q^2)\cos 2u\,.\,y \\ &+ 12h_2q^2\sin 4u + 28h_2q^2\cos 4u\,.\,y \\ &- 8q\,(1+13q^2)\cos 2u\,.\,y\frac{dy}{du} + 8q\,(1+61q^2)\sin 2u\,.\,y^2\frac{du}{du} \\ &- 16q^2\cos 4u\,.\,y\frac{dy}{du} + 24q^2\sin 4u\,.\,y^2\frac{dy}{du} \end{aligned}\right\} \quad \text{(XIV)}$$

wobei man zunächst h_2 gleichfalls 0 setzt.

Danach bestimmt man mittelst q noch K aus:

$$\frac{2K}{\pi} = (1 + 2q + 2q^4 + \ldots)^2 \quad \text{(XV)}$$

und erhält aus z und K, indem λ_0 und B_0 durch die rechte Seite der ursprünglichen Differentialgleichung gegeben sind:

$$V_1 = \frac{2K}{\pi}\,dn\,\frac{2K}{\pi}(\lambda_0 v + B_0)\,z \quad \text{(XVI)}$$

Im Besitz von V_1 bildet man V_1^2, kennt dann also:

$$h_2 = \text{pars const. } V_1^2 \quad \text{(XVII)}$$

rechnet nun genauer $\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2 k^2$ aus:

$$\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2 k^2 = \frac{s_0\,A_0}{\lambda_0^2}\left(1 - \frac{4h_2}{1\,.\,2}\right) \quad \text{(XVIII)}$$

erhält so einen verbesserten q-Werth und bestimmt mittelst desselben successive ζ, y, z, K, V_1 und aus V_1 bezüglich h_2 von neuem u. s. f., wobei man sehr bald einen genügenden Werth von V_1 erhält. Hat man diesen gefunden, so berechnet man mittelst des endgültigen, der letzten Berechnung

von V_1 zu Grunde liegenden Werthes von q bezüglich Z_0 aus:

$$s_0 Z_0 = \frac{4q}{1+q^2} \sin G_0 + \frac{1}{2} \frac{4q^2}{1+q^4} \sin 2G_0 + \ldots \quad \text{(XIX)}$$

wo s_0 und G_0 durch die ursprüngliche Differentialgleichung für T gegeben sind und erhält dann aus Z_0 und V_1 die Zeitreduction T mittelst:

$$T = Z_0 + \overset{2}{s_0} V_1 \quad \text{(XX)}$$

Ferner erhält man da, wie früher gezeigt, die reducirte Zeit ζ als Function von v gleichfalls berechenbar ist, auch:

$$t = \zeta(v) + T(v) = f(v) \quad \text{(XXI)}$$

und somit die wahre Länge in der Bahn als Function der Zeit:

$$v = \varphi(t). \quad \text{(XXII)}$$

Hat man derart die langperiodischen Glieder der Function T berechnet, so erhielte man auch die entsprechenden Glieder der Function S ohne jede fernere Integration, indem man sie z. B. mit Hülfe von Gleichung IX, wo alsdann $n \frac{dT}{dv}$ als bekannt vorausgesetzt wird, entwickeln könnte. —

Die einzige Voraussetzung, dass die Differentialgleichung für die Zeitreduction in ihrer horistischen Form:

$$\frac{d^2\psi}{dv^2} - \nu^2 \psi = \Sigma a_m \sin(\sigma_m v + b_m)$$

auf eine gleichförmig convergente Entwickelung:

$$\psi = -\sum \frac{a_m}{\nu^2 + \sigma^2_m} \sin(\sigma_m v + b_m)$$

führt, ist dabei, wie schon früher erwähnt, die, dass die a_m in der Differentialgleichung eine convergente Reihe bilden, d. h. die Voraussetzung einer convergenten Entwickelung der Störungsfunction. Nun ist aber erwiesen,[1]) dass die partiellen Derivirten P und Q der Störungsfunction für Werthe der Excentricität, welche die Grenze von 0.19 circa nicht übersteigen, also für das System der grossen Planeten schon in der

[1]) Cf. auch K. F. Sundmann. Über die Störungen der kleinen Planeten, speciell derjenigen, deren mittlere Bewegung annähernd das doppelte Jupiters beträgt. Helsingfors. J. Simell' Erben. 1901.

Le Verrier'schen und erst recht in der Gyldén'schen Entwickelungsform eine convergente Entwickelung ergeben; indem bei Merkur, wo die Excentricität sich nicht völlig innerhalb dieser Grenze hält, andere Umstände compensirend wirken und die Convergenz sicher stellen. Die in den rechten Seiten der Differentialgleichungen für S, ϱ, ζ, T auftretenden partiellen Derivirten P und Q der Störungsfunction convergiren also thatsächlich für die grossen Planeten und ebenso für eine grosse Zahl der kleinen Planeten, und daher ist die Integralentwickelung für die Zeitreduction:

$$\psi = -\sum \frac{a_m}{v^2 + \sigma_m{}^2} \sin(\sigma_m v + b_m)$$

für dieselben in der That gleichförmig convergent.

Mit dieser absichtlich zunächst ohne Anwendung gegebenen Uebersicht will ich meine Darlegung der horistischen Integrationsmethode Gyldén's beschliessen. Sollte die vorstehende Darstellung auch für den reinen Mathematiker die Veranlassung werden, diese Fundamentalfrage der theoretischen Mechanik von neuem zu behandeln, um womöglich von anderen Gesichtspunkten, als Gyldén sie gewählt, ausgehend und auf einem anderen Wege das von Gyldén erlangte Resultat zu bestätigen, oder berechtigte Einwände gegen dasselbe zu erheben zu versuchen, so würde damit der Wissenschaft ein wahrer Dienst geleistet und ein Hauptzweck der vorliegenden Arbeit erfüllt sein.

Halle a. S., im December 1902.

Der Verfasser.

Druckfehler-Verzeichniss.

(Der Abhandlung im LXXXI. Bande der Nova Acta beigegeben.)

Seite [18] 142 letzte Zeile statt: „im Hinblick auf die absolute Lösung“ lies: „im Hinblick auf die rein periodische Form der Lösung“, wie auch auf Seite [29] 153 richtig gesagt ist.

„ [20] 144 Zeile 9 von unten lies (10) statt (9)

„ [20] 144 Zeile 2 von unten lies $\beta_1\xi$ statt $\beta_2\xi$

„ [22] 146 Zeile 7 von unten lies $-N^2\xi =$ statt $-N\xi^2 =$

„ [26] 150 Zeile 10 von unten lies $= \frac{\sqrt{(c)}}{1+S}$ statt $\frac{\sqrt{c}}{1+S}$

„ [27] 151 Zeile 1 von oben lies $\frac{d^2\frac{1}{r}}{dv^2}$ statt $\frac{d^2\frac{1}{r}}{dv}$

„ [27] muss die Anmerkung unten fortfallen und statt dessen in Gleichung (41) auf der linken Seite der Klammerfactor von (ϱ) noch das Glied enthalten:

$$+\frac{1}{(c)}\,\frac{d(c)}{dv}\,\frac{1}{1+S}\,\frac{dS}{dv}.$$

Im Folgenden aber ist dies Glied richtig berücksichtigt und alles stimmt.

„ [28] 152 Zeile 8 von oben lies $+\frac{(1+S)^2}{(1+\overline{g})(1-\eta^2)}\,Q\,\frac{d\eta^2}{dv}$ statt $+\frac{(1+S)^2}{(1+\overline{g})(1-\eta^2)}\,Q\left(\frac{d\eta^2}{dv}\right)^2$

Desgleichen Zeile 12 von oben.

„ [30] 154 Zeile 12 von oben lies $= \frac{r^2}{\sqrt{(c)}}\,(1+S)$ statt $\frac{r^2}{\sqrt{c}}\,(1+S)$

„ [31] 155 Zeile 13 von oben lies $= \frac{(1-\eta^2)^{3/2}}{[1+(\varrho)]^2}$ statt $\frac{(1-\eta^2)^{3/2}}{[1+(\varrho)^2]^2}$

„ [32] 156 Zeile 1 von unten lies $+3\eta^2\cos 2\mathrm{v}$ statt $+3\eta^3\cos 2\mathrm{v}$

„ [33] 157 Zeile 3 von oben lies $\{1-2\eta\cos\mathrm{v}+\ldots\}\,S$ statt $\{1-\eta\cos\mathrm{v}+\ldots\}S$

„ [39] 163 fehlt in Formel (9) das Glied $-\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2\frac{k^2h_2}{1-2h_2}\,\mathrm{sin}\,2\,am\,\frac{2K}{\pi}x$ und erwähnt sei noch, dass $h_2 =$ p. const $V_1{}^2$, $h_4 =$ p. const $V_1{}^4$ gesetzt ist und der Modul diese neue Fassung durch Einführung des V_1 und die Herausnahme der constanten Theile aus den geraden Potenzen der Entwickelung nach V_1 erhält.

„ [39] 163 Zeile 8, 9, 10 von oben lies cos $2am$, sin $2am$ statt cn $2am$, sn $2am$.

„ [39] 163 Zeile 3 von unten lies $-k^2\cos 2amu\,.\,dnu$ statt $-h^2\cos 2amu\,.\,dnu$.

„ [40] 164 Zeile 5 von oben lies $-2\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2k^2\,\frac{h_2}{1-2h_2}$ statt $-2\left(\frac{2K}{\pi}\right)^2k^2\,\frac{h^2}{1-2h_2}$

„ [40] 164 Zeile 6 von oben lies $\mathrm{sin}\,2am\,\frac{2K}{\pi}x$ statt $\mathrm{sn}\,2am\,\frac{2K}{\pi}x$

„ [41] 165 Zeile 14 von oben lies $+8q^3(-1+\cos 4x)$ statt $+3q^3(-1+\cos 4x)$

Seite [42] 166 Zeile 15 von oben lies $8q^3(\cos 2x + 3\cos 6x)$ statt $8q^3(\cos 2x + \cos 6x)$

„ [44] 168 Zeile 8 von unten lies $\frac{2K}{\pi} k^2 \frac{\sin 2am 2\frac{K}{\pi}u}{dn\frac{2K}{\pi}u} \frac{dz}{du}$ statt $\frac{2K}{\pi} k^2 \frac{\mathrm{sn}\, 2am\, 2\frac{K}{\pi}u}{dn\frac{2K}{\pi}u} \frac{dz}{du}$

„ [45] 169 Zeile 13 von oben lies $+4q(1-7q^2)\sin 2u$ statt $+4q(-7q^2)\sin 2u$

Behufs der Substitution seien hier noch die beiden Hauptformeln angegeben:

$$\sin 2nx = (1-16n^2q^2)\sin 2nu + 4nq[1-(7+4n+8n^2)q^2]\sin 2(n+1)u$$
$$-4nq[1-(7-4n+8n^2)q^2]\sin 2(n-1)u + 4n(1+2n)q^2\sin 2(n+2)u -$$
$$-4n(1-2n)q^2\sin 2(n-2)u$$
$$+4n(1+4n+{}^8/_3n^2)q^3\sin 2(n+3)u - 4n(1-4n+{}^8/_3n^2)q^3\sin 2(n-3)u$$
$$\cos 2nx = (1-16n^2q^2)\cos 2nu + 4nq[1-(7+4n+8n^2)q^2]\cos 2(n+1)u -$$
$$-4nq[1-(7-4n+8n^2)q^2]\cos 2(n-1)u$$
$$+4nq^2(1+2n)\cos 2(n+2)u - 4nq^2(1-2n)\cos 2(n-2)u +$$
$$+4nq^3(1+4n+{}^8/_3n^2)\cos 2(n+3)u$$
$$-4nq^3(1-4n+{}^8/_3n^2)\cos 2(n-3)u.$$

Seite [46] 170 Zeile 1 von oben lies $\{(1+q^2)\sin 2x + \ldots$ statt $\{(+q^2)\sin 2x + \ldots$

„ [47] 171 Zeile 15 von unten lies $+8q^3\{\sin 4u - 11\sin 4u + 11\sin 8u\}$
statt $+8q^3\{\sin 4u + 11\sin 4u + 11\sin 8u\}$

„ [47] 171 Zeile 13 von unten lies $+q^3\left(-\frac{736}{3}\sin 4u + \frac{3248}{3}\sin 8u\right)$
statt $+q^3\left(-\frac{208}{3}\sin 4u + \frac{3248}{3}\sin 8u\right)$

„ [48] 172 Zeile 16 von unten lies desgleichen. Das Folgende ist richtig.

„ [48] 172 Zeile 16 von unten lies $+q^2(13\sin 2u + 149\sin 6u)$
statt $+q^2(13\sin 2u + 14q\sin 6u)$

„ [48] 172 Zeile 15 von unten lies $-\frac{32}{3}q\{\ldots\}$ statt $-\frac{32}{3}\{\ldots\}$

„ [51] 175 Zeile 1 von unten lies $+\{768q^4 - 512q^3\cos 2u \ldots\}$
statt $+\{-512q^3\cos 2u \ldots\}$. Das Folgende ist richtig.

„ [53] 175 Zeile 2 von oben fehlt eine Klammer.

„ [54] 178 Zeile 5 von oben lies $-224q^2\sin 4u\} \ldots$ statt $-224y^2\sin 4u\} \ldots$

„ [54] 178 Zeile 6 von oben lies $+96q^2\sin 4u\} \ldots$ statt $+96y^2\sin 4u\} \ldots$

„ [54] 178 Zeile 12 von unten lies $-12.24q^2\cos 4u\} \ldots$ statt $-12.24\cos 4u\} \ldots$

„ [55] 179 Zeile 7 von unten lies $+\frac{1}{2}\cos 4u\} \ldots$ statt $+\frac{1}{2}\cos 2u\} \ldots$

„ [58] 182 Zeile 5 von unten lies $+8.384q^4\left\{y\left(\frac{dy}{du}\right)^2$ statt $+8384q^4\left\{y\left(\frac{dy}{du}\right)^2$

„ [59] 183 Zeile 14 von unten lies $+\{16q(3+287q^2)$ statt $+\{16q(3+289q^2)$

„ [62] 186 Zeile 4 von oben desgleichen.

„ [62] 186 Zeile 2 von oben lies $+\left\{-32q(1-11q^2)\sin 2u - 224q^2\sin 4u\right\} h_2\frac{d\zeta}{dv}$
statt $+\left\{-32q(1-17q^2)\sin 2u - 256q^2\sin 4u\right\} h_2\frac{d\zeta}{dv}$

„ [63] 187 Zeile 3 von oben lies $=\frac{1}{4}a^3\sigma^2\sin v$ statt $\frac{3}{4}a^3\sigma^2\sin v$

Seite [63] 187 Zeile 15 von oben d. h. es ist erst:

$$m = -\frac{16q\,h_2\,\sigma\,a}{(2+\sigma)^2+\nu^2},\quad n = -\frac{16q\,h_2\,\sigma\,a}{(2-\sigma)^2+\nu^2}$$

gesetzt und dann ν^2, 4σ und σ^2 gegen die 4 im Nenner vernachlässigt, so dass

$$m = n = -4\sigma q\,h_2\,a.$$

„ [64] 188 Zeile 16 von oben lies $-1024q^3\cos 2u\,\zeta\frac{d\zeta}{du}$ statt $128q^2\sin 4u\frac{d\zeta}{du}$

„ [65] 189 Zeile 3 von oben lies $\frac{128\sigma^2 h_2^2\,a\,q}{\sigma^2+\nu^2}$ statt $\frac{128\sigma^2 h^2{}_2\,a}{\sigma^2+\nu^2}$

„ [66] 190 Zeile 1 von unten lies pars const $V_1{}^2$ statt pars cons. $V_1{}^2$.

„ [68] 192 Zeile 13 von oben lies $\varkappa_n$ statt k_n.

„ [79] 203 Zeile 2 von unten lies $+\left\{-32q\,(1-11q^2)\sin 2u - 224q^2\sin 4u\right\} h_2\frac{d\zeta}{dv}$

statt $+\left\{-32q\,(1-17q^2)\sin 2u - 256q^2\sin 4u\right\} h_2\frac{d\zeta}{dv}$

„ [80] 204 Zeile 1 von eben lies $16q\,(3+287q^2)\cos 2u + \ldots$

statt $16q\,(3+289q^2)\cos 2u + \ldots$

Die Rechnungen und Resultate als solche sind alle richtig und die angegebenen Errata blosse Druckfehler.

Berichtigungen zu meiner Abhandlung: „Untersuchung der Bewegung vom Typus $^2/_3$ etc.“:

1) Auf Seite 20 [328] statt $\frac{d\zeta}{dt}$ und $\frac{dX}{dt}$ lies natürlich stets $\frac{d\zeta}{dv}$ und $\frac{dX}{dv}$, wie vorher und nachher auch überall richtig steht; in den Gleichungen (29) und (30) ist X vernachlässigt, während ihm in Gleichung (34) Rechnung getragen ist. —

2) Auf Seite 119 [427] Zeile 16 von unten statt:

$$\eta^2 = \varkappa^2 + \Sigma\varkappa_n{}^2 + 2\varkappa\Sigma\varkappa_n\cos\left\{(\varsigma-\varsigma_n)\,v + \Gamma-\Gamma_n\right\}$$

lies:
$$\eta^2 = \varkappa^2 + \Sigma\varkappa_n{}^2 + 2\varkappa\Sigma\varkappa_n\cos\left\{(\varsigma-\varsigma_n)\,v + \Gamma-\Gamma_n\right\}$$
$$+ 2\Sigma\Sigma\varkappa_n\varkappa_m\cos\left\{(\varsigma_n-\varsigma_m)\,v + \Gamma_n-\Gamma_m\right\}$$

oder, wenn man das dritte Glied in der Doppelsumme mit enthalten denkt, kürzer geschrieben

$$\eta^2 = \varkappa^2 + \Sigma\varkappa_n{}^2 + 2\Sigma\Sigma\varkappa_n\varkappa_m\cos\left\{(\varsigma_n-\varsigma_m)\,v + \Gamma_n-\Gamma_m\right\}$$

wie auf Seite 85 [393] unten auch richtig abgeleitet; nur, dass dort der Factor 2 mehrere Male weggelassen ist. —

NOVA ACTA.

Abh. der Kaiserl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher

Band LXXXI. Nr. 4.

Ueber Tracheaten-Beine.

Vierter und fünfter Aufsatz:

Chilopoda und Hexapoda.

Von

Dr. Karl W. Verhoeff.

Aus dem Berliner zoologischen Museum (Museum für Naturkunde).

Mit 4 Tafeln Nr. XIV—XVII.

Eingegangen bei der Akademie am 5. April 1903.

HALLE.

1903.

Druck von Ehrhardt Karras, Halle a. S.

Für die Akademie in Commission bei Wilh. Engelmann in Leipzig.

Vierter Aufsatz:

Chilopoden-Beine und Muskelgesetze.

(Mit Tafel 1 und 2 oder XIV und XV.)

In diesen Aufsätzen und anderen über denselben Gegenstand halte ich mich streng an die im zweiten Aufsatz (Zoologischer Anzeiger Nr. 692) eingeführte Bezeichnungsweise der Beinglieder, nämlich *Coxa, Trochanter, Praefemur, Femur, Tibia* und *Tarsus* in der Reihenfolge von grund- nach endwärts. Dieselbe ist im ersten und zweiten Aufsatz begründet und wird durch das Weitere bestätigt. Natürlich sind diese Namen in erster Linie nichts weiter als Namen schlankweg, aber in zweiter Linie sollen sie doch nach Möglichkeit den physiologischen Verhältnissen entsprechen. Ich benutze jetzt durchweg diese bestimmte Bezeichnungsweise, wo ich mich aber auf frühere Angaben beziehe und die Bezeichnungsweise eine andere ist, gebe ich das nach Möglichkeit an, denn es kann sich hier immer nur um die *logischen Begriffe* handeln, die Namen treten zurück. Dies ist ja im Grunde für aufmerksame Forscher selbstverständlich, aber ich muss es dennoch betonen, weil dagegen kürzlich gefehlt worden ist[1]). In meinem ersten Aufsatze (in den Nova Acta, Halle 1902) ist aus fast jeder Abbildung der Tafel VII zu ersehen, dass ich die Glieder der Insektenbeine anders bezeichnet habe als das sonst üblich war, und zwar um den Leser recht deutlich auf die neue Glieder-Homologie hinzuweisen. Ausserdem geht das nicht nur wie ein rother Faden durch meinen Aufsatz, sondern ist auch auf S. 72 unten zum Ueberfluss ausdrücklich angegeben. Wer also schreibt, wie Börner a. a. O., ich hätte „Hüfte, Schenkel, Schiene und Tarsus" als die „alten Beinglieder" erklärt, nicht aber angiebt, in welchem Sinne ich

[1]) Vergl. C. Börner: „Die Gliederung der Laufbeine der Atelocerata." Sitz.-Ber. d. Gesellsch. nat. Fr. Berlin 1902, Nr. 9 S. 223 oben!

dort die Ausdrücke Hüfte, Schenkel, Schiene und Tarsus aufgeführt habe[1]) (nämlich gleich *Hüfte, Trochanter, Femur* und *Tibia* im alten Sinne!), der *citirt mich unvollständig* und entstellt dadurch vollständig meine Forschungsergebnisse in dieser Richtung! . . .

* * *

Die in den Nova Acta, Halle 1902 begonnenen Untersuchungen über die vergleichende Morphologie der *Opisthogoneaten*-Beine (*Chilopoda, Thysanura, Collembola, Odonata* und *Pterygota*) haben mich, wie ich hier kurz wiederhole, dazu geführt, dass die bisher angenommene Homologie zwischen den Beinen der *Chilopoda* und *Hexapoda* unrichtig ist, und dass nicht der Trochanter der Chilopoden, sondern das grosse auf diesen *folgende* Glied, dem sogenannten Trochanter (recte Praefemur) der Insekten homolog ist, wie sich mit zwingender Nothwendigkeit aus der *Vertheilung der Muskeln* ergiebt. Diese Erkenntniss brachte mich zu der Schlussfolgerung, dass bei Hexapoden zwischen Hüfte und Trochanter (im alten Sinne) *noch ein Glied existiren müsse*, das man entweder noch nicht kenne oder auch vielleicht rückgebildet sei. — Es wird stets zu meinen freudigsten Erinnerungen zählen, hier auf Grund reiner Denkoperation etwas Unbekanntes gefordert und dann wirklich gefunden zu haben, denn meine Nachsuchungen wurden belohnt durch die Auffindung dieses Gliedes bei vielen *Odonaten* und einer Reihe anderer Hexapoden in deutlicher Ausprägung und bei zahlreichen sonstigen Hexapoden fand ich mehr oder weniger deutliche Ueberreste desselben, worüber ich im ersten und zweiten Aufsatz schon Verschiedenes mittheilte. Derartige Funde gehören aber zu den stärksten Belegen für die Richtigkeit unseres Denkvermögens, weshalb ich es für wichtig halte, meinen persönlichen Weg des Findens dieser Dinge anzugeben.

Weitere Untersuchungen haben die neue Beingliederhomologie nach jeder Richtung so vollkommen bestätigt, dass ich hier den Fachgenossen ein *Muskelhomologie-Gesetz* für die *Laufbeine* aller *Opisthogoneata* vorlegen will, das uns erlaubt in jedem Falle, wo sich Zweifel erheben sollten, die vergleichend-morphologische Natur der Glieder mit Sicherheit zu bestimmen.

[1]) Vergl. Nova Acta 1902, S. 71 u. s. w.

Zuvor muss ich aber auf eine allgemeine Erörterung der Bein-Muskulatur eingehen:

Wir können an den *Beinen* der *Tracheata drei grosse Gruppen von Muskeln* unterscheiden, die man in einer Reihe der beigegebenen Abbildungen von Chilopoden überall verfolgen kann, nämlich

A. *Klauenmuskeln,*

B. *Indirekte Wandmuskeln* oder *Brückenmuskeln,*

C. *Direkte Wandmuskeln.*

A. Die *Klauenmuskeln*, an Zahl eins bis vier (an derivaten Endbeinen der Chilopoden oft fünf) heften sich alle an die grosse, an den Grund der Klauen ziehende Klauensehne, wirken also alle gemeinsam auf eine Stelle. (In manchen derivaten Fällen können die Klauenmuskeln ganz fehlen.)

B. Die *Brückenmuskeln* heften sich an Gliedwände oder Gelenkränder und *durchsetzen stets wenigstens zwei Gelenkstellen* (der Muskel bm^{1} der Abbildung 1 z. B. durchsetzt zunächst die Gelenkstelle zwischen dem Praefemur *prf* und dem Femur *fe*, sodann die folgende.)

C. Die *direkten Muskeln* heften sich ebenfalls an Gliedwände oder Gelenkränder, durchsetzen aber *nur eine* Gelenkstelle (der Muskel mf^{II} der Abbildung 1 z. B. geht aus von der Wand der Tibia *ti*, heftet sich aber sofort an die nächste Gelenkstelle zwischen Tibia und Tarsus und zwar an den Grund des Letzteren).

Es liegt auf der Hand, dass direkte und indirekte Wandmuskeln zu einander in näherer Beziehung stehen als beide zu den Klauenmuskeln, denn Klauenmuskeln können sich nicht in Wandmuskeln umbilden, ausser wenn die Klaue, an welche sie sich hetten, verkümmert. Direkte Wandmuskeln dagegen können sich in indirekte verwandeln, wenn ihr Glied sich in zweie einschnüren sollte, und umgekehrt können indirekte Wandmuskeln zu direkten werden, wenn eines der beiden Glieder, welche diese Brückenmuskeln durchziehen, verkümmert, ein Fall, der z. B. in Abbildung 11 bei den Endbeinen von Cryptops vorliegt, wo der Muskel *prbm* nach Verkümmerung des Trochanter nur noch im Praefemur liegt. Bei den *Urkerfen* können *Brückenmuskeln* (die diesen Namen bei unvollständiger Gliederung der Bewegungsstummel eigentlich noch nicht verdienen), durch Zerfall in Segmente,

bei schärfer hervortretender Gliederung, sich in *direkte* verwandelt haben. Wir wissen, dass schon die den Anneliden nahe stehenden Onychophoren Krallen tragen, sehen also, dass die Krallenmuskeln in der phylogenetischen Reihe der Gliederthiere sehr weit hinabreichen. Mit Recht hält auch de Meijere (Ueber das letzte Glied der Beine bei den Arthropoden, Zool. Jahrb. 1901) die Klauen für sehr alt. In die Erörterung der Frage nach der Gliednatur des „Praetarsus" will ich aber jetzt nicht eintreten, ich komme im fünften Aufsatz auf denselben zurück. *Weniger alt im Allgemeinen sind die Wandmuskeln,* denn sie haben erst dann einen Sinn, wenn aus Fussstummeln wirkliche Beine werden, d. h. bestimmte Glieder und Gelenke auftreten, höchstens konnten sich an den Grund der Fussstummel Wandmuskeln ansetzen, welche dann aber jedenfalls immer noch keine bestimmte Beziehung zu Gliedern hatten. Aus Stummeln können natürlich nur in unendlich grosser Zeit und sehr langsamer Entwickelung Beine geworden sein, wie sie die Chilopoden besitzen oder die Progoneata. Wir müssen annehmen, dass anfangs weniger Glieder auftraten und später erst einige weitere dazu kamen. So habe ich auch in der Nova Acta 1902 vier alte Beinglieder angenommen (mit Rücksicht auf stärkere und schwächere Muskulatur der Beinglieder und thatsächliche Vorkommniss-Verschiedenheiten in der Gliederzahl). Diese *vier alten Beinglieder,* Hüfte, Schenkel, Schiene und Tarsus nach meiner dortigen Bezeichnung, Hüfte, Trochanter, Schenkel und Schiene nach der alten Namengebung sind *Hüfte, Praefemur, Femur* und *Tibia* nach der jetzt eingeführten Bezeichnung.

Die Betrachtung des phylogenetischen Verhältnisses der Brückenmuskel und direkten Muskel wird diese alten Glieder der Beine noch klarer hervortreten lassen; Muskeln müssen von einer bestimmten Stelle und zwar im engsten Anschluss an den Wirkungspunkt ihre Entstehung nehmen. Ihr zweites Ende, die vom *Wirkungspunkt* abgewandte *Anheftungsstelle,* kann mit der Vergrösserung und namentlich dem Längerwerden des Muskels mehr und mehr vom Wirkungspunkt abrücken, bis irgend ein nicht überschreitbares Hinderniss in den Weg tritt, was die weitere Ausdehnung des Muskels verbietet. *Zu diesen Hindernissen aber gehören in erster Linie die Gelenke.* Die Anheftungsstellen der Muskeln bedürfen einer festen Grundlage. Im Gelenk dagegen fehlt diese Grundlage wegen der Gelenkknöpfe

und der weichen Zwischenhaut, auch würde hier ein Muskelansatz bei der Gliederbewegung Quetschungen ausgesetzt sein. *Die Gelenke sind also für Muskel-Anheftungsstellen unüberschreitbar* in ihrer phylogenetischen Entwickelung. Die obengenannten Brückenmuskeln konnten also *nur in einer Zeit entstehen, in welcher die beiden* (oder mehreren) *Glieder, welche sie durchziehen, noch ein Ganzes, d. h. ein einziges Glied bildeten.*

Andererseits hatten die direkten Muskeln erst dann einen Sinn, als die betreffenden Gelenke entstanden, an welche sie sich heften. Da es nun oft vorkommt, dass direkte Muskeln sich an Gelenke heften, die von Brückenmuskeln übersetzt werden, z. B. *ms* in Abbildung 1 an das Gelenk zwischen Praefemur und Femur, so folgt, dass *die direkten Muskeln phylogenetisch jünger sind als die Brückenmuskeln.* Es ist übrigens sehr wahrscheinlich, dass die *direkten Muskeln,* welche Abb. 15 vorführt, selbst *aus Brückenmuskeln* bei den Prototracheaten entstanden sind, indem die oberen für sich und die unteren für sich je einen langen Brückenmuskel bilden, wenn wir sie uns verbunden denken. Die Beine entstehen aus Rumpfausstülpungen, in diese hinein wachsen die Muskelanlagen und die direkten Muskeln, Extensoren und Flexoren, konnten dann aus jenen langen Brückenmuskeln entstehen, indem sie sich einfach in hintereinander gelegene Segmente auflösten, also statt zweier Befestigungspunkte noch mehrere dazwischen annahmen. Dergleichen kann man sich aber nur bei noch weichen, unvollkommenen Stummeln vorstellen, wenn sie eine bedeutendere Länge annahmen, nicht bei wirklichen aus festwandigen Gliederhebeln bestehenden Beinen. Thatsächlich ist auch ein derartiges Verhalten der Muskeln weder von Chilopoden noch Hexapoden bekannt. Nachdem einmal ein derartiger Zerfall in Muskelsegmente eingetreten war und die einzelnen direkten Muskeln an den wirklichen Beinen immer selbständiger wurden, konnten sie, nach dem oben Gesagten, natürlich *nicht* wieder umgekehrt zu Brückenmuskeln werden, da die inzwischen phylogenetisch entstandenen Gelenke das verhindern. — Ob die Klauenmuskeln phylogenetisch *älter* sind als die Brückenmuskeln, ist eine weniger wichtige Frage, doch spricht sowohl das oben Gesagte dafür als auch das Vorhandensein der praefemur-femoralen Brückenmuskeln, die schon eine gewisse Ausgeprägtheit eines weit vorragenden, wirklichen Beines voraussetzen. Wir erhalten somit als phylo-

genetische Reihenfolge von unten nach oben, d. h. aus der älteren zur jüngeren Zeit folgende Stufe der Muskelgruppen:

A. *Klauenmuskeln*, primär,
B. *Brückenmuskeln*, secundär,
C. *Direkte Muskeln*, tertiär.

Die physiologische Bedeutung der einzelnen Muskeln, so wichtig und interessant sie auch in allerlei einzelnen Fällen sein mag, kommt hier nur wenig in Betracht, da das genauere Eingehen auf die Flexoren, Levatoren, Supinatoren u. a. vergleichend-morphologisch nur im engeren Rahmen, d. h. bei kleineren Gruppen von Bedeutung ist, bei der Allgemeinbesprechung aber zwecklos, ausserdem ergiebt sich ja aus meinen Abbildungen im Einzelfalle die Wirkungsweise des betreffenden Muskels meist von selbst.

Klauenmuskeln sind bisher von den *Hexapoda* allgemein fast immer *zwei* bekannt geworden, welche in den *beiden letzten* überhaupt Muskeln führenden Gliedern, nämlich im Schenkel und in der Schiene liegen. Es ist kein Grund einzusehen, weshalb wir die diese gleichen beiden Muskeln enthaltenden Glieder der *Chilopoda* nicht ebenfalls als Schenkel und Schiene ansehen sollen, wie es Abb. 1 von *Lithobius forficatus* anbei auf Taf. XIV zeigt und Abb. 1 Taf. VII in den Nova Acta 1902, zumal es sich auch hier um die *beiden letzten* überhaupt Muskeln führenden Glieder handelt. Bei *Scutigera* (Abb. 3) kommen *drei* Krallenmuskeln vor. Dass der den Insekten gegenüber ungewohnte dritte *vor* den beiden andern, also grundwärts liegt, folgt ausser anderen sich im Weitern ergebenden Gründen schon daraus, dass bei *Odonaten* u. a. vor dem den grundwärtigen Krallenmuskel enthaltenden Gliede und der Coxa zwei Glieder liegen, bei *Scutigera* aber nur eins. Mithin liegt dieser dritte Krallenmuskel im Praefemur. Dasselbe gilt für die *Scolopendriden* (Abbildung 9 und 10). *Vier* Krallenmuskeln treten bei den *Lithobiiden* und *Geophiliden* auf[1]) (Abb. 13 Taf. XV von *Orya*) und wieder zeigt die Gliederlage, dass es jetzt das zunächst auf die Hüfte folgende Glied ist, welches den weiteren vierten Klauenmuskel enthält, mithin der Trochanter.

[1]) Für die Geophiliden hat sie Börner a. a. O. richtig nachgewiesen, aber Schlüsse daraus gezogen, die nicht haltbar sind, wie das Weitere zeigt.

Also ergiebt sich folgende Uebersicht:

Viele *Odonata* und einige andere Hexapoden zwischen den die Klauenmuskeln führenden Gliedern und der Coxa *zwei* Glieder ohne Klauenmuskeln, deren im Ganzen zwei. (2 + 2 = 4).

Scutigera und *Scolopendriden* zwischen den Klauenmuskeln führenden Gliedern und der Coxa *ein* Glied ohne Klauenmuskeln, deren im Ganzen drei. (1 + 3 = 4).

Lithobiiden und *Geophiliden* zwischen den Klauenmuskeln führenden Gliedern und der Coxa *kein* Glied, Klauenmuskeln im Ganzen vier. (0 + 4 = 4).

Diese Uebersicht lehrt, dass diejenigen beiden Krallenmuskeln, welche bei Opisthogoneaten constant auftreten, die beiden endwärtigen sind, mithin die im dritten und vierten Glied endwärts hinter der Coxa gelegenen, jedenfalls solche, welche sich *in den beiden letzten überhaupt Muskeln enthaltenden Gliedern befinden. Diese beiden Krallenmuskeln sind also diejenigen, welche bei den Hexapoden weit verbreitet und beinahe Regel sind.*

B. Die *Brückenmuskeln* können wir in drei Gruppen eintheilen, nämlich:

a) *grundwärtige* Brückenmuskeln, welche die beiden auf die Hüfte folgenden Glieder, den kleinen Trochanter und das grössere Praefemur (theilweise auch noch die Hüfte selbst) durchziehen und sich an den Grund des dritten auf die Coxa folgenden Gliedes, das Femur befestigen. So bei den *Anamorpha* vier (Abbildung 1 *cobm, prbm, prbm*[1] und *mfx*) und *Geophiliden* drei (Abbildung 13 und 14 *mfx, cobm* und *prbm*). Bei *Scolopendriden* kommt mindestens *ein* derartiger Muskel vor (Abbildung 9 *cobm*). Nur *Scutigera* fehlen diese Muskeln vollständig, im Zusammenhang mit der starken Absetzung des ersten Telopoditgliedes (Trochanter) gegen das folgende (Praefemur) und das Beinbrechen *hinter* dem Trochanter.

b) *endwärtige* Brückenmuskeln treten ein oder zwei auf, von denen der schwächere, welcher oft fehlt, mehr rückenwärts liegt. Sie durchziehen bei den Chilopoden stets das zweite und dritte der auf die Hüfte folgenden Glieder, z. B. *bm* in Abbildung 13. Nur bei *Lithobius* kommt noch ein dritter hierhergehöriger Muskel (*bmx* Abbildung 1) auch aus dem ersten auf die Coxa folgenden Gliede. Diese (1—3) endwärtigen Brückenmuskeln, deren hauptsächlichsten und beständigsten ich auch den *grossen* Brücken-

muskel nennen will, stehen in einem ganz *unabänderlichen Verhältniss* zu den grundwärtigen Brückenmuskeln sowohl, indem sie *das* Glied zum grundwärtigen (proximalen) haben, welches für die grundwärtigen Brückenmuskeln stets das endwärtige (distale) ist (Ueberkreuzung!) als auch zu den Klauenmuskeln, indem deren letzter (endwärtigster) stets in dem Gliede liegt, welches sich hinter dem endwärtigen der Glieder der grossen Brückenmuskeln befindet (z. B. in Abb. 13 km^2 hinter *bm*).

c) *Kniebrückenmuskeln*, von denen es nur einen giebt und zwar *in denselben beiden Gliedern*, in welchen die beiden distalen *Krallenmuskeln* angetroffen werden (Abb. 1 und 8 *bmk*). Sie fehlen an den Endbeinen, treten aber sonst bei *Chilopoden* allgemein auf, während sie den Insekten ganz abgehen[1]). Ihr Wirkungspunkt liegt dorsal, ihre Ausdehnung im vorletzten, Krallenmuskeln führenden Gliede ist ziemlich gering.

Die *Hexapoden* zeigen uns, soweit die Muskeln erhalten blieben, *genau dieselben Lageverhältnisse* wie die geschilderten der Chilopoden, bei *Japyx* (vergl. Börner's Abb. 7 a. a. O.) geht auch noch ein grundwärtiger Brückenmuskel durch die Coxa und das nachfolgende Glied an den Grund des weiter folgenden. *Sonst aber scheinen bei Insekten die grundwärtigen Brückenmuskeln allgemein zu fehlen.* Desto kräftiger und beständiger sind die grossen (endwärtigen) Brückenmuskeln ausgebildet. Bei *Machilis* (Nova Acta 1902, Abb. 8) z. B. liegt m^3 in den beiden Gliedern vor dem, welches m^4 den endwärtigen Krallenmuskel enthält. Dasselbe zeigen alle anderen abgebildeten und untersuchten Insektenbeine, so dass wir Handhaben bekommen, die uns zu absolut sicheren Schlüssen hinsichtlich der Beingliederhomologie führen. Physiologisch stehen die Brückenmuskeln den direkten Muskeln an Wirksamkeit insofern nach, als sie meist nicht in gerader Linie wirken können und daher durch Reibung Kraft verlieren.

C. *Die direkten Muskeln* treten schon in der Coxa auf und zwar besonders kräftig, zwei oder mehrere, welche sich an den Grund des nächsten Gliedes heften.

Von diesen können wir hier absehen. Von den auf die Coxa folgenden Gliedern besitzt das erste *meist gar keine direkten Muskeln*, nur bei

[1]) Von Börner ist der Kniebrückenmuskel bei *Geophilus* übersehen worden.

Geophiliden tritt ein einzelner schräger kleiner Muskel auf (vergl. anbei Abb. 13 *mtr*) den Börner a. a. O. (Abb. 5 *pf* für *Geophilus*[1]) angegeben hat und den ich auch bei *Orya, Bothriogaster* und *Mecistocephalus* beobachtete. Von den allermeisten andern direkten Muskeln unterscheiden sich diese des Trochanters durch ihre schräge und *seitliche* Lage. Das typische Verhalten der direkten Muskeln besteht darin, dass einer oben (Extensor) und ein anderer unten sich ansetzt (Flexor). Auf dieses (erste) Trochanterglied folgen nun *höchstens noch drei direkte Muskeln führende Glieder* und zwar sowohl bei *Chilopoden* als *Hexapoden*, so dass wir auch dadurch wieder drei in gleicher Weise charakterisirte, auf einander folgende Telopoditglieder haben. Zugleich stehen auch diese wieder zu den Klauenmuskeln sowohl als auch den Brückenmuskeln in einem gesetzmässigen Verhältniss, indem von den *drei* (oder wenn wir den direkten Muskel des Geophiliden-Trochanter mitrechnen *vier*) hintereinander liegenden Gliedern, welche direkte Muskeln enthalten können, *das letzte zugleich dasjenige ist*, in welchem *der letzte Krallenmuskel und letzte Brückenmuskel liegt* und das *mittlere* (*oder vorletzte*) dieser direkte Muskeln führenden Glieder *dasjenige, in welchem die distale Hälfte des grossen Brückenmuskels sich befindet.*

Es ist bemerkenswerth, dass, nach den bis jetzt bekannten Fällen genauer Untersuchung der Beinmuskulatur zu schliessen, die im Schema Abb. 15 angegebenen *sieben* direkten Telopoditmuskeln niemals bei einer Form alle gleichzeitig beobachtet worden sind. Ein häufiger Fall ist das Vorkommen zweier direkter Muskeln im Praefemur und Femur, z. B. bei Scutigera Abb. 3 und manchen Collembolen (vergl. Nova Acta 1902 Abb. 2) oder an den Endbeinen von Cryptops (anbei Abb. 11 Taf. XV) am letzten der drei aufeinander folgenden Glieder mit direkten Muskeln und am Trochanter fehlen dann solche. Häufig ist auch der Fall, dass bei dem *mittleren* der drei genannten Glieder die direkten Muskeln fehlen, während sie am ersten und dritten vorhanden, so bei einem Theil der *Lithobien*-Beine (Abb. 1) und den meisten Scolopendriden-Beinen (vergl. *Cryptops* Abb. 9 und 10). Dieser Fall erklärt sich z. T. daraus, dass die Gelenke hinter dem mittleren dieser drei Glieder bereits durch die endwärtigen Brückenmuskeln bedient werden.

[1]) Der „Geophilus „illyricus Verh." den Börner angiebt, existirt gar nicht, es handelt sich um *flavidus* C. K.

Allerlei andere Fälle ergeben sich von selbst. Wenn also das typische Chilopoden-Bein aus sechs Gliedern besteht, so haben wir *fünf* oder meist *vier* hintereinander liegende Segmente direkter Muskeln (Abb. 15), indem das *letzte Glied derselben stets entbehrt*, weil die Krallenmuskeln hier den physiologischen Ersatz bieten, fünf wenn das erste Telopoditglied den schrägen Muskel aufweist, vier wenn dieser fehlt,

Bei *Insekten* besitzt z. B. *Machilis* (Nova Acta 1902 Abb. 8) drei hintereinander liegende Telopoditglieder mit direkten Muskeln, das erste und dritte mit einem, das zweite mit zwei. Dieses dritte Glied verliert bei Insekten am häufigsten seine direkten Muskeln, daher dieselben lange Zeit überhaupt unbekannt waren. *Vier* hinter einander liegende Segmente direkter Telopoditmuskeln, wie sie bei *Geophiliden* vorkommen (Abb. 13), haben wir bei Insekten niemals. Da uns nun schon die Chilopoden lehren, dass das grundwärtigste meist fehlende Segment der vier Segmente direkter Telopoditmuskeln dem ersten Gliede des Telopodit, d. h. dem echten *Trochanter* fehlt, dieser aber den meisten Insekten abgeht, so folgt auch aus den direkten Muskeln, dass die drei direkte Muskeln führenden Telopoditglieder der Insekten, nämlich Praefemur, Femur und Tibia, nicht dem ersten bis dritten, sondern dem zweiten bis vierten Telopoditgliede der Chilopoden homolog sind.

D. Besonders betrachten müssen wir noch einen *coxotrochanteralen Brückenmuskel* (*com*^{2} Abb. 13), welcher den Geophiliden zukommt, von der Hüftleiste ausgehend durch Hüfte und Trochanter zieht und sich oben an den Grund des Praefemur heftet. Diesen Muskel habe ich in den Nova Acta (Abb. 8 oberer Muskel *m*) auch für *Machilis* angegeben[1]), wo er noch ein gutes Stück in das Praefemur greift. (Vergl. auch meinen zweiten Aufsatz Nr. 692 Z. A. Abb. 7.) Bei den meisten Insekten lässt er sich nicht mehr controlliren, weil nach Erlöschen des Trochanter die Anheftungspunkte dieses Muskels und der direkten coxalen zusammenrücken.

Ein *Vergleich der Beinmuskulatur* der *Chilopoda* und *Hexapoda* im Allgemeinen ergiebt, dass die Beine der *Hexapoden eine geringere Zahl von Muskeln aufweisen. Diese Muskelverminderung* zeigt sich einmal in einer

[1]) Börner zeichnet a. a. O. Abb. 9 *l*^{1} *tr* einen zweiten derartigen Muskel. Ich lasse ihn dahingestellt sein, weil es für uns nebensächlich ist ob ein oder zwei solche Muskeln vorkommen.

durchschnittlich etwas *geringeren Zahl von direkten Muskeln*, sodann aber vor allem *in dem meist völligen Wegfall der grundwärtigen Brückenmuskeln* (Ausnahme *Japyx*, wahrscheinlich auch *Campodea*), sowie dem Mangel der Kniebrückenmuskel. Gegenüber den *Chilopoden* ist ja bei den Insekten auch die Zahl der Krallenmuskeln vermindert, die Krallen selbst dagegen erfuhren eine reiche Ausgestaltung. Die Verschiedenheit in der Zahl der Krallenmuskeln harmonirt wieder mit den mancherlei andern Verschiedenheiten der *Chilopoden-* und *Hexapoden*-Beine.

Der Muskelvergleich der Beine der *Opisthogoneata* führt mich zu folgendem für die *Insekten* in Bezug auf die *Chilopoden* geltenden *Muskelbeharrungsgesetz: Musculorum pedum nihil novi inter Insecta.*

Alle Beinmuskeln der Insekten kommen auch bei den Chilopoden vor, die Insekten haben dieselben von chilopodenartigen Vorfahren ererbt. *Kein neuer Muskel tritt auf, ausser wenn es sich um die Spaltung eines vorhandenen handelt.* Desto mehr Neues finden wir in Bezug auf Ausgestaltung des *Hautskelettes* der Beine, worüber wir Dahl, Ockler und anderen eingehende Arbeiten verdanken.

In der *Gliederung* gilt der Satz: *Insecta: Verkümmerung der basalen Theile des Telopodit, d. h. des Trochanter und oft auch Praefemur, dagegen mehr oder weniger starke Vergrösserung und Gliederung der endwärtigen Theile, d. h. des Tarsus* (und der Tibia).

* * *

Das schon oben angedeutete ***Muskelhomologiegesetz***[1]) zur *Bestimmung* der Glieder der *Laufbeine* der ***Opisthogoneata*** fasse ich folgendermaassen:

§ 1. *Der* ***Tarsus*** *ist ein- oder mehrgliedrig und enthält niemals Muskeln, ist aber meist von der Klauensehne durchzogen* (Glied oder Glieder endwärts hinter der Beinmuskulatur).

§ 2. *Die* ***Tibia*** *enthält, wenn zwei oder mehr Krallenmuskeln vorhanden sind, stets den endwärtigsten (distalsten) derselben, ausserdem häufig direkte Muskeln, bei Insekten niemals Brückenmuskeln, bei Chilopoden die Endhälfte des Kniebrückenmuskels.*

---

[1]) Dieses Gesetz wurde in *fast* gleichem Wortlaute bereits in den Sitz.-B. d. Gesellsch. nat. Fr. Berlin 1903 Nr. 2 angegeben, wobei in gleicher Weise auf diesen Aufsatz verwiesen ist, das Wort „fast" (gleicher Wortlaut) aber gegen meinen Willen beim Druck ausgelassen wurde.

§ 3. *Das* ***Femur*** *enthält, wenn zwei oder mehr Krallenmuskeln enthanden sind, im ersteren Falle den grundwärtigen (proximalen), im letzteren Falle den vorletzten derselben, ausserdem stets die endwärtige Hälfte des oder der endwärtigen Brückenmuskeln.*

§ 4. Das ***Praefemur*** *enthält, wenn zwei Krallenmuskeln vorkommen keinen derselben, wenn mehr vorkommen, enthält es einen derselben und zwar bei drei den grundwärtigen, bei vier den zweiten derselben vom Grunde aus. Stets enthält es die grundwärtige Hälfte des oder der endwärtigen Brückenmuskeln. Kommen grundwärtige Brückenmuskeln vor, so befinden sich die endwärtigsten Stücke derselben stets im Praefemur.* (Vergl. das Schema in Abb. 16).

§ 5. *Der* ***Trochanter*** *enthält, wenn zwei oder drei Krallenmuskeln vorkommen, keinen derselben, wenn vier vorkommen den grundwärtigsten dieser. Er besitzt an den endwärtigen Brückenmuskeln keinen Antheil, oder doch nur dann, wenn der grosse Brückenmuskel einen drei Glieder durchziehenden Nebenmuskel aufweist* (*bmx* Abb. 1). *Kommen grundwärtige Brückenmuskeln vor, so ziehen sie stets auch durch dieses Glied, welches stets das nächste hinter der Coxa ist und höchstens einen direkten Muskel enthält, meist aber keinen.*

* * *

Ueber die *Coxa-Bestimmung* sprach ich bereits 1902 in den Nova Acta zur Genüge. Auch bleiben die dortigen Beingliederdefinitionen durchaus zu Recht bestehen für *Hexapoda*, für die *Chilopoda* müssen sie in Bezug auf das Vorkommen von mehr Krallenmuskeln ergänzt werden, was jeder leicht ausführen kann, ohne dass an dem Wesentlichsten etwas geändert zu werden braucht.

Was das *phylogenetische Alter* der Beinglieder betrifft, so sind die Brückenmuskeln von hervorragender Bedeutung.

Schon in den Nova Acta zeigte ich, dass wenn wir *vier Glieder* als *ältere* herausgreifen wollen (wobei aber stets von den Krallen abgesehen wird), diese *Hüfte, Praefemur, Femur* und *Tibia* sind (nach der dortigen Bezeichnungsweise „Hüfte, Schenkel, Schiene und Tarsus“). Dies ist durch weitere Studien *vollkommen bestätigt*: Ein Blick auf das Schema der Brückenmuskeln (Abbildung 16) zeigt, dass eine ganz hervorragende

Grenze zwischen Praefemur und dem weiter folgenden Beinstück liegt, da sich hier vier grundwärtige Brückenmuskeln ansetzen. Wichtig ist aber auch die Grenze zwischen Femur und dem weiter folgenden Beinabschnitt, da sich dort die zwei endwärtigen Brückenmuskeln befestigen. *Der Schenkel liegt also ursprünglich zwischen den Wirkungspunkten von sechs Brückenmuskeln.* Da sich an den Telopoditgrund aber Rumpfbrückenmuskeln und sehr starke direkte Hüftmuskeln anheften, da hier ferner die grossen Gelenkknöpfe mit anschliessender Leiste liegen, so kann über das Alter des Coxa-Trochanter-Gelenkes kein Zweifel bestehen. Gleichwohl deutet der durch *Coxa*, Trochanter und Praefemur ziehende und am Femurgrunde sich befestigende Brückenmuskel *cobm* (Abb. 1 und 9) darauf hin, dass, da auch die grundwärtigen und endwärtigen Brückenmuskeln über einander im Praefemurgliede weggreifen, die Glieder *Coxa, Trochanteropraefemur, Femur* und *Tibia ziemlich gleichzeitig* entstanden sein müssen. Dagegen ist der *Trochanter* sicherlich *später entstanden*, denn die Ursprungsstellen der endwärtigen Brückenmuskeln konnten so wie sie liegen auch ohne diesen bestehen, ein direkter Muskel kommt nur bei Geophiliden vor und der coxotrochanterale Brückenmuskel (*com*^{2} Abb. 13) lässt sich bei der Schmalheit des Schenkelrings recht wohl denken schon ehe der Trochanter bestand als ein nur etwas weiter ins Telopodit greifender Coxalmuskel.

Den *Tarsus* kann man zwar deshalb, weil die an ihn ziehenden direkten Muskeln häufig fehlen und nur ein Brückenmuskel an ihn herangeht, ferner er selbst überhaupt keine Muskeln enthält, für geringer werthig und daher auch jünger erachten als die genannten vier alten Beinglieder (und so geschah es auch von mir 1902 in den Nova Acta unter der Bezeichnung „2. Tarsus"), aber andererseits ist zu bedenken, dass er bei *Chilopoden* sowohl als auch *niederen* und nicht abgewichenen *Hexapoden* allgemein vorhanden ist (echte *Thysanüren, Blattodeen, Dermapteren* u. a.) und *scharf charakterisirt als das Gebilde, welches hinter den letzten* (endwärtigsten) *Beinmuskeln und proximal von der Ansatzstelle der Krallensehne liegt.* Es giebt Fälle bei primitiven Opisthogoneaten, in welchen der Tarsus gut entwickelt ist, der Trochanter aber nicht. Trotzdem können wir diese für das Alter des Trochanter nicht heranziehen, da sich der Trochanter als secundär verkümmert herausstellt. Den Trochanter halte ich vielmehr nach der ge-

nannten Beschaffenheit der *Muskeln* für jünger als die vier alten Beinglieder und auch für *jünger als den Tarsus*. Die im dritten Aufsatz[1]) geschilderten Verhältnisse bei Progoneaten stimmen hiermit überein.

Ganz sicher *zuletzt* traten immer die muskellosen Unterabtheilungen des Tarsus auf, wie ich schon 1902 angegeben habe und was auch das Vorkommen eines *ein*gliedrigen Tarsus bei den allermeisten Diplopoden und Chilopoden belegt. Mithin bekommen wir folgende phylogenetische Stufen der Beingliederentwickelung:

I. *Coxa, Praefemur, Femur, Tibia* [und *Tarsungulum*],
II. *Tarsus,*
III. *Trochanter,*
IV. *Tarsalglieder.*

Es ist hier die Möglichkeit eines ursprünglich einheitlichen Tarsungulum in Betracht zu ziehen. (Vergl. den fünften Aufsatz.)

Will man die Klauen mit berücksichtigen und den Tarsus *als Theil eines primären Tarsungulum* auffassen, dann ist er ein primäres Glied.

Der Punkt, bis zu welchem die Beinmuskulatur reicht, ist von ausserordentlicher Wichtigkeit und zeigt u. a. die völlige *Unnatur* des Börnerschen „Tibiotarsus" im Sinne eines alten Gliedes.

Es lassen sich unterscheiden:
A. *Myotische Beinglieder:* Coxa, Trochanter, Praefemur, Femur und Tibia.
B. *Amyotische Beinglieder:* Tarsus und Ungulum.

Zur Bestimmung der *Coxa* habe ich schon im XVI. Aufsatz meiner „Beiträge zur Kenntniss paläarktischer Myriopoden" (Nova Acta der Akademie Deutscher Naturforscher in Halle 1901) auf die Bedeutung der bei Chilopoden niemals fehlenden *Gelenkknöpfe* des Gelenkes zwischen Coxit und Telopodit hingewiesen. Diese Gelenkknöpfe sind deshalb so wichtig, weil sie besser und kräftiger ausgeprägt sind als andere Gelenkknöpfe der Beine und weil an ihnen bei Chilopoden immer und bei Hexapoden wenigstens häufig Muskelleisten (Hakenleisten) Anschluss haben, welche bei anderen Bein-Gelenkknöpfen nicht vorkommen. Diese anderen Bein-Gelenkknöpfe habe ich nicht weiter erörtert, weil sie zur Gliederbestimmung nicht ver-

[1]) Sitz.-Ber. d. Gesellsch. nat. Fr. Berlin 1903.

wendbar sind, einmal deshalb, weil sie in ihrer Ausbildung nach den Gruppen sehr verschieden sind, dann weil sie oft an den meisten Telopoditgelenken gleich sind (also nicht gestatten ein bestimmtes Glied zu charakterisiren) und endlich weil ihre Ausprägung in demselben Maasse wechselt wie Grösse und Function bestimmter Glieder. Wenn z. B. der Trochanter oder das Praefemur verkümmern, so treten Fälle auf, wo wir diese Glieder zwar noch deutlich erkennen können, aber an ihnen gegen ein Nachbarglied keine Gelenkknöpfe nachweisen. Während ich nun im ersten und zweiten Aufsatze sowohl die ausschlaggebende Bedeutung der Muskulatur für die Bestimmung der Beinglieder gezeigt habe als auch im vorliegenden dargethan, dass die Gliederhomologisirung sogar nach jedem einzelnen der drei Muskelsysteme möglich ist, glaubt Börner (Nr. 9 d. Sitz.-Ber. d. Gesellsch. nat. Fr. Berlin 1902) in „der fast vollständigen Vernachlässigung des Baues der verschiedenen Gelenke" einen „Grund" für unrichtige frühere Homologisirungen gefunden zu haben. Dieser Aufsatz Börner's ist, wie ich hervorheben muss, der (wahrscheinlich letzte) Versuch die alte von mir als irrig erwiesene Gliederhomologie zwischen *Chilopoden* und *Hexapoden* aufrecht zu erhalten[1]). Er bespricht im Kapitel II „Die Lagebeziehungen und Gelenke der Beinglieder" und sagt S. 210 hinsichtlich der *Kniegelenke*: „Die meist in der Zweizahl vorhandenen Angelpunkte liegen auf der Vorder- und Hinterseite mehr oder weniger dem Oberrande genähert. Dieselben können auf der Oberseite einander so nahe rücken, dass sie wie *ein* Angelpunkt wirken und thatsächlich kommt auch die *Verschmelzung beider* zu einem einzigen vor, der dann stets am Oberrande des Beines gelegen ist." Leider hat B. gar kein bestimmtes Beispiel angegeben, wie und wo er diesen sonderbaren Vorgang beobachtet haben will! Ob dies bei Hexapoden vorkommt, lasse ich vorläufig dahingestellt sein (verweise aber auf den fünften Aufsatz), für *Chilopoden* ist dergleichen entschieden in Abrede zu stellen. Ich will deshalb ein wenig auf die Gelenkknöpfe der Telopoditglieder der Chilopoden eingehen: Bei allen *Chilopoden* (ausgenommen *Scutigera*) besitzen die Telopoditglieder einen mehr oder weniger starken *Gelenkknopf* oben auf den

[1]) Börner behauptet auf S. 207 irrthümlich, dass dieses Thema „noch nicht von einem einheitlichen Gesichtspunkte aus betrachtet worden" sei, während das thatsächlich gerade von *mir* geschehen ist.

Gelenken (vergl. anbei Abb. 12 von einem *Geophiliden, Orya*), der aus zwei dunklen Chitinverdickungen besteht, die sich entweder beide platt an einanderlegen oder in der Form von Zapfen und Grube in einander greifen. Diese Gelenke lassen sich als *Einstülpungsgelenke* bezeichnen, weil jedesmal das endwärtigere Glied, indem es sich um den oberen Gelenkkopf dreht, mit seinem Grunde sich in das Ende des vorhergehenden Gliedes um so mehr *einstülpt*, je weiter die Grundtheile nach unten liegen. Ganz unten aber, also dem Gelenkknopf gerade gegenüber, findet sich meist ein *Widerlagerknopf* am endwärtigen Gliede. Ein anderer Knopf am grundwärtigen Gliede ist in den wenigsten Fällen vorhanden (*tr* Abb. 12) immer aber sind die Widerlagerknöpfe *schwächer* als die dorsalen Angelknöpfe. Diesen Einstülpungsgelenken entspricht (bei *allen Chilopoden*) die Beschaffenheit der *Gelenkhaut* (Abb. 8), indem dieselbe oben linienartig schmal ist nach unten aber immer breiter wird, sodass sie *in der Seitenansicht dreieckig erscheint*, mithin einen schräg abgestutzten Cylinder vorstellt. Bei *Lithobius* (Abb. 2) verhält sich die Sache ebenfalls wie eben für die *Epimorpha* geschildert, aber ein unterer Widerlagerknopf fehlt, da die anstossenden Stachel schon eine allzu starke Einbiegung (Flexion) der Glieder verhindern.

Scutigera unterscheidet sich aber von den andern Chilopoden dadurch, dass es an den Telopoditgelenken oben *zwei* Gelenkknöpfe besitzt (Abb. 8), mit Ausnahme des praefemur-trochanteralen Gelenkes. Diese zwei Gelenkknöpfe (α und β) befinden sich etwas oberhalb der horizontalen Mittelebene der Beine, vorne und hinten. Sie bestehen entweder aus flachen Knöpfen oder aus Zapfen und Grube. Ein Widerlagerknopf kommt am praefemur-femoralen Gelenk nicht vor, wohl aber zwischen Femur und Tibia und den folgenden Gelenken, soweit sie deutlich sind. Es besteht aber sogar ein *Widerlagergelenkknopf*, indem sowohl Femur als auch Tibia ein unteres Knöpfchen γ besitzen (Abb. 7 und 8). Dasselbe wiederholt sich zwischen Tibia und Tarsus (Abb. 6) und dem deutlicheren der Tarsalgelenke (Abb. 5), wobei an ersterem (Abb. 6) besonders deutliche Zapfengelenke zu bemerken sind. An den kleinsten Tarsalgelenken wird das Widerlagergelenk undeutlich (Abb. 4).

Das Gesagte lässt nun, da *Scutigera* in einer Reihe von Punkten namentlich aber in den Beinen den übrigen *Chilopoden* gegenüber die ab-

geleitetere Form ist, hinsichtlich der paarigen oberen Gelenkknöpfe nur zwei Möglichkeiten zu, entweder sind dieselben von vornherein paarig entstanden, oder aber sie haben sich durch *Theilung der unpaaren* oberen der übrigen Chilopoden aus diesem entwickelt. (Das ist also gerade das *Gegentheil* von dem was Börner behauptet hat.) Aber auch abgesehen von dieser unhaltbaren Hypothese ist es fraglich, was denn überhaupt durch Börner's Absatz II für die Beingliederbestimmung gewonnen werden soll!? So gerne ich nach dieser Richtung ein neues weiteres Kriterium angenommen hätte, so war es doch angesichts der Thatsachen und bei genauerer Ueberlegung rein unmöglich. Ich habe das bei Besprechung der Diplopoden ebenfalls bestätigen müssen[1]) (vergl. den dritten Aufsatz).

Zur Gliederung und Muskulatur der Beine der einzelnen Chilopoden-Familien will ich jetzt keine weitläufige Beschreibung geben, zumal aus den Abbildungen das Wichtigste schneller zu ersehen ist als aus vielen Worten, aber einige Bemerkungen können hier doch nicht ausgelassen werden:

Scutigera: Latzel (1880 die Myriopoden der österreichisch-ungarischen Monarchie) hat die drei aufeinander folgenden grossen Telopoditglieder als Schenkel, Schiene und erstes Tarsalglied betrachtet (S. 27), obwohl gerade *Scutigera* diejenige Chilopodenform ist, welche die Forscher in Bezug auf die Richtigkeit dieser mit den Hexapoden-Beinen in Zusammenhang gebrachten Anschauung hätte stutzig machen sollen! Das letzte der drei grossen Beinglieder soll ein erster und die weiteren kleinen Glieder ein zweiter Tarsalabschnitt sein!? (Vergl. Abb. 3.) Hier spricht schon die rein äusserliche Gestaltung dafür, dass das unrichtig ist, denn es ist doch im höchsten Grade unwahrscheinlich, dass ein ursprünglich einheitliches Gebilde, der Tarsus, hier mit einem Male in zwei in jeder Hinsicht verschiedenen Abschnitten auftreten soll, einem dickeren einheitlichen und einem dünneren

[1]) Es ist also unklar, wieso Börner „die Bestimmung der Homologie der einzelnen Beinglieder" „erst ermöglichen" will, „wenn man sie in Combination zum Bau der verschiedenen Gelenke bringt" (S. 218), da wie gesagt aus seinen Angaben kein sicheres Kriterium auch nur für ein einziges bestimmtes Telopoditgelenk hervortritt. Einmal haben wir bei Börner das Coxa-Telopoditgelenk zwischen Coxa und Trochanter, dann zwischen Coxa und Praefemur und bisweilen sogar Coxa und Femur.

gegliederten, die also funktionell und gestaltlich ganz verschieden sind. Ausserdem treten am Ende dieses dritten grossen Beingliedes einige grosse Stacheln auf, die so wunderbar an die entsprechenden *Tibia*enddornen der Insekten erinnern, dass man sich darüber wundern muss, dass noch Niemand diese Uebereinstimmung aufgefallen ist! Zur Gliederhomologisirung hätten bei *Scutigera* also schon die Glieder-*Gestalt*verhältnisse allein genügt, da diese *Chilopoden*-Gruppe bereits äusserlich und functionell eine Beinbeschaffenheit nach den Grundzügen des typischen Insektenbeins aufweist, wobei nur das sehr grosse *Praefemur* etwas Ungewöhnliches darbietet. Nun stimmt auch die Muskulatur mit dem Gesagten vollkommen überein, wie die Anwendung des Muskelhomologiegesetzes zeigt, wonach also z. B. der letzte (endwärtigste) Krallenmuskel die Tibia kennzeichnet (*km*² Abb. 3). Die drei grossen Beinglieder sind also nicht *Schenkel, Schiene* und *erstes Tarsalglied* wie Latzel (und neuerdings wieder Börner) behaupten, sondern

Praefemur, Femur und Tibia.

Der schmälere, vielgliedrige Abschnitt *allein* ist der *Tarsus*. An ihm will Börner (a. a. O. S. 211 unten) „endwärts von der Mitte zwischen der Spitze des ersten Tarsale und dem Praetarsus eine deutlich grössere, dehnbarere Gelenkhaut, die zu erkennen giebt, dass der Scutigeriden-Tarsus, ähnlich wie der vieler anderer Chilopoden bereits dreigliedrig war, ehe er in jene zahlreichen Ringelchen zerfiel", gesehen haben. Ich habe nun weder bei Latzel u. a. etwas von solcher „grösseren Gelenkhaut" angegeben gefunden, noch auch selbst etwas davon sehen können. Dagegen besitzen die meisten Laufbeine von *Scutigera* ein grösseres Tarsalglied am Grunde (*a* Abb. 4) und zwei kleine Stacheln weiter endwärts, in Abb. 4 z. B. bei *b* hinten an dem sechsten der kleinen Gliedchen. Diese kleinen Stacheln hat auch Latzel schon beobachtet. Wir bemerken aber gleichzeitig, dass die Gliedchen hinter den Stacheln plötzlich etwas kleiner sind als die vorhergehenden. Wir können also den vielgliedrigen Tarsus als aus einem *zwei*gliedrigen (oder wenn wir das erste grössere Glied besonders rechnen wollen, dreigliedrigen) entstanden betrachten.

Lithobius: Wir haben hier zwei deutliche endwärtige Brückenmuskeln Abb. 1 *bm* und *bm*¹, ausserdem einen ungewöhnlichen, welcher aus dem Trochanter kommt *bmx*. *Innerhalb des* ***Praefemur*** (allein oder theilweise)

können hier nicht weniger als ***neun*** *Muskeln auftreten, ein Fall der so recht zeigt, wie die Chilopoden-Beine denen der Hexapoden gegenüber muskelreich sind.* So hat sich auch hier aus einer Vielheit bei weiterer Entwickelung nur ein Theil erhalten, ähnlich wie von den zahlreichen Flügeladern niederer Insekten (z. B. *Blattodeen*) sich bei höheren meist nur wenige, dann aber oft desto bestimmter ausgeprägte erhielten.

Epimorpha: Das Vorkommen von vier Krallenmuskeln bei Geophiliden ist von Börner richtig und für Chilopoden anscheinend zum ersten Male festgestellt worden. Dagegen hat er (vgl. seine Abb. 5 von *Geophilus*) nur zwei grundwärtige Brückenmuskeln (*pti* und *fti*) beobachtet, während es deren (wie meine Abb. 13 zeigt) vier giebt, *mfx*, *com*^{2}, *cobm* und *prbm*. Indessen will ich hierauf keinen Nachdruck legen, da es sehr leicht geschehen kann, dass ein einzelner Muskel übersehen wird, vor allem aber auch deshalb, weil die Gliederhomologisirung auf Grund der Muskulatur eine so ausserordentlich scharfe ist, dass es in vielen Fällen auf einen einzelnen Muskel gar nicht ankommt.

Es kann uns deshalb Börner's Abb. 5 (so wie sie ist) dazu dienen im Zusammenhang mit seinen eigenen übrigen Zeichnungen die Unhaltbarkeit seiner d. h. überhaupt der alten Beintheorie nachzuweisen; vergleichen wir z. B. Börner's Abb. 5 mit Abb. 7 (von *Japyx*): Das Telopodit des Letzteren besitzt ein Glied weniger als das gezeichnete von *Geophilus*, nämvier gegen fünf. Bei beiden liegt (meinem Muskelhomologiegesetz entsprechend!) der letzte Krallenmuskel im vorletzten Gliede und der endwärtige Brückenmuskel (*fti* Abb. 7 und *pta*^{1} Abb. 5) in den beiden Gliedern vor demjenigen, welches den distalsten Krallenmuskel enthält, während in dem endwärtigen dieser beiden Glieder bei beiden der von endwärts her zweite Krallenmuskel angetroffen wird. Ferner geht an das Gelenk zwischen den beiden Gliedern, welche der grosse Brückenmuskel durchzieht, in Abb. 7 ein aus der Coxa kommender Brückenmuskel (von Börner irrthümlich mit „*eti*“ bezeichnet), der bei Geophiliden in genau gleicher Weise vorkommt (vergl. meine Abb. 13 *cobm*) aber von Börner übersehen wurde. Aus dem Gesagten folgt, dass die *vier letzten* Glieder [in B.'s Abb. 5] bei *Geophilus* vollkommen homolog sind den *vier letzten* von Japyx! Börner dagegen behält ein letztes Glied bei Geophilus am Ende übrig, *ta*^{2}. (Vergleiche mit

andern Abbildungen Börner's würden Entsprechendes ergeben.) Es fragt sich nun, ob es möglich ist, eine andere Homologie zu Stande zu bringen, wenn wir (mit Börner) die beiden ersten Telopoditglieder von *Geophilus* und *Japyx* u. a. als Ausgangspunkt wählen. Wir könnten dann die Brückenmuskel *pti* und *fti* Abb. 5 den Brückenmuskeln *fti* und *eti* Abb. 7 gleichsetzen. Dann finden wir aber (vom Kniebrückenmuskel ganz abgesehen) im zweiten und dritten Gliede bei Geophilus einen grossen Brückenmuskel, während ein solcher bei Japyx fehlen würde (1. Widerspruch). Wir finden bei Geophilus im zweiten bis vierten Telopoditgliede Flexoren, bei Japyx im ersten und dritten hinter der Coxa, während wir sie im zweiten und vierten erwarten müssten (2. Widerspruch). Wir finden bei Geophilus im vierten Gliede des Telopodit die letzten Klauenmuskeln, bei Japyx aber enthält das vierte nach der Coxa gar keine Muskeln. (3. Widerspruch.) Wollte man nun annehmen, dass grundwärts und endwärts bei Japyx ein Krallenmuskel verkümmert wäre, so würde dies keine einheitliche Verkümmerungsweise bedeuten und auch den oben erörterten Erfahrungen innerhalb der Chilopoden-Gruppen widersprechen, die uns zeigt, dass die Verkümmerung der Krallenmuskel einheitlich vom Grunde gegen das Ende erfolgt. (Vergleiche auch *Corisa* im fünften Aufsatz!) Endlich haben wir bei *Japyx* im ersten Telopoditgliede einen direkten unteren Muskel, bei *Geophilus* aber nicht. Das Gesagte zeigt, dass die bisherige [und Börner'sche] Annahme zu mehreren auffallenden Widersprüchen führt und daher unhaltbar ist, weshalb ich anderweitige Gründe gegen dieselbe, die sich aus dem Vorigen von selbst ergeben, nicht weiter wiederholen will. Es sind also *nicht* die vier-proximalen Telopoditglieder von *Geophilus* den Telopoditgliedern von *Japyx* und andern Insekten homolog, sondern die *vier endwärtigen*, wie ich es oben bewiesen habe. Hiermit ist, soweit die *Opisthogoneata* in Betracht kommen, die alte Theorie der Beingliederhomologisirung, wie sie Börner nochmals vertreten hat, endgültig abgethan.

* * *

In dem oben aufgeführten Satze Börner's steht etwas von einem „dreigliederigen" Tarsus „vieler anderer Chilopoden" (ausser Scutigera), wozu ich nur bemerken will, dass die Unhaltbarkeit dieser Ansicht lediglich die Folge der Praefemur-Verkennung ist. Eine eigenthümliche Idee hat er

ferner auf S. 213 unten vorgetragen, indem er offenbar selbst merkte, dass der schräge Trochantermuskel der Geophiliden doch etwas Absonderliches vorstelle und hinsichtlich seines Zusammenhanges mit anderen Gruppen einer Erklärung bedürfe. Diese Idee erledigt sich einfach dadurch, dass der Muskel den er bei *Lithobius sp.* für den „Vorläufer der sonst getrennten Pronatores tibiae und femoris" hält mit diesen beiden zugleich vorkommt. Richtig dagegen ist der Hinweis darauf, dass dieser Brückenmuskel „oberflächlich gelegen ist".

Die Endbeine der Epimorpha.

In vergleichend-morphologischer Hinsicht haben die End- oder Schleppbeine der *Epimorpha* den Forschern mancherlei Schwierigkeiten bereitet. Anfänglich war man über Coxa und Trochanter im Unklaren, die jetzt geklärt sind. Eine andere Absonderlichkeit aber blieb völlig unberührt, weil sie uns erst durch das Muskelhomologiegesetz enthüllt werden kann, nämlich ein *Zerfall der Tibia in zwei Glieder*, von denen ich das eine als ***Praetibia*** das andere als *Tibia* (im engeren Sinne) bezeichne. Bei den *Geophiliden* sind die Laufbeine gewöhnlich mit fünf Telopoditgliedern versehen (die Klaue rechne ich stets ab). An den Endbeinen dagegen treffen wir meist sechs Telopoditglieder, unter denen aber trotzdem, genau so wie bei jenen, nur das einzige Endglied muskellos ist (vergl. Abbildung 14 von Mecistocephalus). Da nun die drei grundwärtigen Telopoditglieder die gewöhnlichen Verhältnisse darbieten, namentlich auch das zweite und dritte den grossen Brückenmuskel, so folgt, dass *die Tibia durch ein Gelenk in zwei Glieder getheilt worden ist, wobei auch ihr Krallenmuskel in zwei zerfiel* (km^2 und km^3).

Die Endbeine können nicht als typische Laufbeine gelten, sonst würde ihretwegen das Muskelhomologiegesetz noch durch einen Paragraph zu ergänzen sein, da ja diese *Geophiliden*-Endbeine *fünf* Krallenmuskeln besitzen. Ein solcher Zusatz, wenn man ihn machen will, würde lauten:

Kommen fünf Krallenmuskeln vor, so ist eines der vier sonstigen Krallenmuskel führenden Glieder durch ein Gelenk in zwei eingeschnürt worden und zwar bei den *Epimorpha* das endwärtigste dieser Glieder.

Bei den *Scolopendriden* besitzt *Cryptops* an den meisten Laufbeinen die fünf (vier) Telopoditglieder wie die *Geophiliden*, am 20. Beinpaar aber

ist der *Tarsus* durch ein Gelenk in zwei Glieder getheilt worden. (Vergl. die Abbildungen 9 und 10). Hier haben wir also *zwei* Tarsalglieder wie so oft bei den *Anamorpha*.

Ganz anders verhält sich das 21. Beinpaar, die Schleppbeine. Statt der gewöhnlichen drei Krallenmuskeln haben wir vier, trotzdem, dass der Trochanter verkümmert ist und nur ein Tarsalglied ausgebildet. Folglich muss, entsprechend den *Geophiliden*, eines der muskelführenden Telopoditglieder (Abb. 11) sich getheilt haben, was wieder nur die Tibia sein kann, zumal die beiden mit Zahnkämmen besetzten vorletzten Glieder, die sich stark übereinander krümmen können, wie eine Anpassung an diesen Zweck erscheinen. Ich habe inzwischen durch das Postfemur bei Diplopoden auf eine ähnliche aber doch wieder abweichende Erscheinung hingewiesen.

* * *

Oben habe ich auseinandergesetzt, dass und warum meine schon in den Nova Acta 1902 gegebene Darlegung von *vier* alten (primären) Beingliedern (*Coxa, Praefemur, Femur* und *Tibia*) richtig ist und dass besonders die Brückenmuskel hierfür einen sehr wichtigen Beleg geben. Ich komme zum Schluss auf die Ansicht Börner's a. a. O., wonach „der Trochanter (im alten Sinne) kein primäres sondern erst ein sekundäres Beinglied ist" (gemeint ist bei Hexapoden das Praefemur), weshalb er nur *drei* alte Beinglieder annimmt, nämlich „Coxa, Trochanterofemur und Tibiotarsus." Börner hat aber zwei ganz verschiedene Vorgänge vermengt, nämlich die Rückbildung des Trochanter und die Rückbildung des Praefemur. *Das Praefemur wird allerdings bei Hexapodenbeinen manchmal reducirt, niemals aber an den Beinen der Chilopoden* (auch nicht bei typischen Progoneaten-Beinen). Nachdem ich ausserdem gezeigt habe, dass die Brückenmuskeln das *Praefemur* in hervorragender Weise vom Femur trennen, dürfte es zur Genüge klar sein, dass die Praefemurreductionen ganz *ausgesprochen derivate Erscheinungen* sind (abgeleitete!), die zudem bei den niedersten und ursprünglichen Hexapoden ebenfalls nicht vorkommen. Es ist mithin ganz unstatthaft, derlei abgeleitete Fälle (z. B. bei *Physopoden*) für die phylogenetische Gliederbestimmung verwenden zu wollen. Von einem „Trochanterofemur" oder jetzt *Praefemorofemur* kann also nur dann die Rede sein, wenn solche

abnorme Fälle vorliegen, wie sie Börner in seiner Abb. 13 vorgeführt hat, die meines Erachtens lediglich eine Erscheinung in der Reduktion und Beinverkürzung der *Collembolen* darstellen. Auf den „Tibiotarsus“ Börner's komme ich im fünften Aufsatze genauer zurück und bemerke hier nur kurz, dass ein solcher, d. h. eine Vereinigung von Tibia und Tarsus *bei Chilopoden-Beinen gar nicht existirt!* Im dritten Aufsatze habe ich dasselbe für Progoneaten erwiesen, sodass es also für die *Myriopoden-Beine* im Allgemeinen gilt.

Chilopoden-Beine.

	Beinglieder:	Urglieder:	
Myotische Glieder	*Coxa*	*Coxa*	
	Ende bestimmter Rumpfbrückenmuskel und grosse Gelenkknöpfe von Coxa und Telopodit.		
	Trochanter / *Praefemur*	*Ur-Praefemur*	*Telopodit*
	Ende der grundwärtigen Brückenmuskeln.		
	Femur	*Femur*	
	Ende der endwärtigen Brückenmuskeln.		
	Tibia (Praetibia und secundäre Tibia).	*Tibia*	
	Ende der Kniebrückenmuskeln und der Beinmuskulatur überhaupt.		
Amyotische Glieder	*Tarsus* / Ende der Klauensehne / *Ungulum*	*Tarsungulum*	

Anmerkung: Durch die Entdeckung der Kniebrückenmuskeln der *Chilopoden* ist eine Homologie zwischen den Beinen dieser und der *Symphylen* nebst *Pauropoden* erzielt worden, während die Beine der *Diplopoden* denen der drei genannten Gruppen gegenüber nicht vollkommen homolog sind, wie ich im dritten Aufsatz genauer ausgeführt habe und was auch jetzt zu Recht bestehen bleibt.

Fünfter Aufsatz[1]):

Ueber Insektenbeine, mit besonderer Berücksichtigung der Tarsuskleinheit.

(Mit Tafel 3 und 4 (XVI und XVII).

Im dritten und vierten Aufsatze über Tracheatenbeine habe ich unter anderm gezeigt, dass *der Tarsus* der *Chilopoden* sowohl als auch der *Progoneaten eine sehr beständige Erscheinung* ist, welche jedenfalls dafür spricht, dass, auch wenn man dieses Glied bei *Chilopoden*, auf Grund der mangelnden Muskulatur, als jünger ansehen wollte wie verschiedene andere Beinglieder, nämlich *Coxa, Praefemur, Femur* und *Tibia*, es dennoch jedenfalls *schon innerhalb chilopodenartiger Kerfe* in sehr entlegener Zeit vorhanden gewesen sein muss. Die Thatsachen sprechen also dafür, dass die Insekten von ihren Vorfahren einen mindestens *eingliederigen*[2]) *Tarsus* überkommen haben. Es konnte jedoch auch ein zweigliedriger sein, weil dieser Fall bei Myriopoden nicht selten ist. *Eine Verwachsung von Tibia und Tarsus ist an den Laufbeinen weder bei Progoneaten noch Chilopoden je beobachtet worden.* Trotzdem hat C. Börner[3]) kürzlich eine „*Tibiotarsus*"-*Hypothese* aufgestellt und dieselbe ausser durch *Scolopendrella* (welche ich schon im dritten Aufsatz besprach), besonders durch *Mallophagen, Physopoden* und *Coleopteren* zu belegen versucht. Da eine Klarstellung dieser Frage ein dringendes Erforderniss ist, so habe ich im Folgenden meine Untersuchungen über diesen Gegenstand kurz zusammengefasst, wobei ich noch einiges hinzufügte, was

[1]) Der dritte Aufsatz über Progoneaten-Beine (mit 2 Tafeln) erscheint in den Sitzungs-Berichten d. Gesellschaft naturforsch. Fr. Berlin 1903.

[2]) Einen *mehr* als *zwei*gliedrigen haben sie jedenfalls *nicht* ererbt, weil ein solcher bei Myriopoden nur sehr selten und dann in ausgesprochen derivaten Fällen vorkommt.

[3]) Vergl. Nr. 9 der Sitzungs-Berichte der Gesellsch. naturforsch. Freunde Berlin 1902, an verschiedenen Stellen.

für *Insektenbeine* überhaupt von Interesse ist und weitere Belege für mein im vierten Aufsatz ausgeführtes Muskelhomologiegesetz bringt.

A. Mallophaga.

Die *Mallophagen* entsprechen der Annahme, dass die Hexapoden von ihren chilopodenartigen Vorfahren einen *zweigliedrigen* Tarsus ererbt haben, denn eine Reihe von Gattungen zeigen einen solchen in deutlichster Weise, so *Colpocephalum* (Abb. 4) und *Physostomum* (Abb. 5). Die beiden Glieder sind von einander sehr scharf abgesetzt und nicht minder von der Tibia. Das grundwärtige derselben besitzt eine mehr oder weniger deutliche, bei *Physostomum* sehr fein gestreifte Haftblase (in Abb. 5 durch Pünktchen angedeutet). Von diesen Formen mit deutlich zweigliedrigem Tarsus, der noch merklich an den Sohlentarsus typischer Insekten erinnert, kommen wir zu Formen, wie sie uns *Trichodectes latus* N. (Abb. 3) darstellt, indem der sohlenartige Charakter durchaus fehlt, auch auf den ersten Blick nur *ein* Tarsenglied da zu sein scheint, während man bei genauerer Prüfung feststellt, dass zwar eine Grenze zweier Glieder nicht mehr deutlich zu sehen ist, dass aber die verschiedenartige Dicke der Chitinwandung (die nämlich an der Stelle, wo die Grenzlinie zu erwarten ist, plötzlich sehr dünn wird), die Stellung der Borsten und das Vorhandensein eines kleinen Bläschens, innen knapp vor der erloschenen Grenze (entsprechend der Blase von *Physostomum* Abb. 5) auf deren ehemaliges Vorhandensein bestimmt hindeuten. Vergleichen wir weiter die durch *Trichodectes latus* vertretene Tarsenbildung (Abb. 3) mit der von *Docophorus communis* (Abb. 1) und *Ornithobius cygni* D. (Abb. 2), wo überhaupt nur *ein* Tarsenglied vorhanden ist und dieses gleichzeitig eine kurze, gedrungene Gestalt aufweist, während die Krallen stark nach innen gerichtet sind, so kann — wenn wir uns gleichzeitig dessen erinnern, dass die vielfüssigen Antennaten frei leben, nicht minder aber sehr zahlreiche niedere *Hexapoden*, während die *Mallophagen* bei ihrem Leben auf der Wirbelthierhaut weniger auf das Laufen als auf das Anklammern angewiesen sind — kein Zweifel bestehen, dass bei den *Mallophagen* der deutlich zweigliedrige Tarsus in einen undeutlich zweigliedrigen und dieser in einen eingliedrigen verwandelt ist in Zusammenhang mit

einem immer stärkeren Anklammerbedürfniss. Diese Tarsusvergleiche zeigen deutlich, *dass den Mallophagen allgemein ein Tarsus zukommt und dass jedenfalls von einer Verschmelzung der Tibia und des Tarsus nicht die geringste Spur zu sehen ist.* (Dies der Gliederungsbeweis.) Dass die Tibia immer als solche selbständig bleibt, zeigt aber weiterhin ihre Gestalt und es belegt es gleichzeitig die Stellung der bekannten Tibialenddorne, wie sie in Abb. 1, 2 und 3 leicht zu erkennen sind. Was distal von der Zone dieser Dornen liegt, ist Tarsus (excl. Krallen). *Drittens* wird *der Tarsus* als solcher bewiesen durch den *tibialen direkten Muskel d* (Abb. 1, 2, 3, 5), welcher ein Flexor des Tarsus ist und mit seiner Sehne sich an den Grund desselben unten ansetzt, während die *Sehne der Krallenmuskeln km den Tarsus durchläuft* und sich unten an den Grund der Kralle setzt oder an einen Knoten vor oder zwischen denselben.

Die Anheftungsstelle der Krallensehne liegt also *hinter* dem Tarsus distal. In den Fällen Abb. 3—5 ist das höchst einfach, aber auch in Abbildung 1 und 2 ist das geschilderte Verhalten der Sehne der beiden Muskeln leicht zu erkennen.

C. Börner hat a. a. O. in Abb. 3 ein Bein einer Goniodes-Art dargestellt, was den von mir beigegebenen Fällen in Abb. 1 und 2 äusserst ähnlich ist. Er hat aber den Flexor des Tarsus, der den meisten Mallophagen zukommt (und von mir nur bei Colpocephalum Abb. 4 vermisst wurde) übersehen und den Tarsus irrthümlich als „Pr" d. h. Praetarsus ausgegeben, dem entsprechend aus der Tibia eine „Tita" gemacht. Die Ansatzstelle der Krallensehne ist von ihm sehr undeutlich gezeichnet. Vor dem Praetarsus, der theilweise auf Vermengung mit *Fällen kleiner Tarsusbildung* beruht, hatte ich Börner gelegentlich selbst gewarnt. Seine Ansicht hat aber noch besonders dadurch etwas Ueberraschendes, dass er *Mallophagen* mit deutlichem Tarsus, wenn auch ganz kurz, selbst erwähnt hat. Der sog. „Praetarsus" der Mallophagen besteht also lediglich aus der oder den Krallen und einem davor oder dazwischen befindlichen Knötchen.

Die oft so sehr stark aufgetriebenen Schenkel der *Mallophagen* (Abbildung 1 und 3) enthalten drei sehr kräftige Muskeln, zwei direkte d^1 und d^2 und einen Krallenmuskel km^1. In Abb. 1 sieht man ferner, dass der Flexor aus zwei Theilen besteht. (Börner hat a. a. O. die Muskeln des

Schenkels richtig, aber die direkten viel zu dünn angegeben). Im Praefemur befindet sich ein auffallender Höcker *x*, der dem langen Brückenmuskel zum Ansatz dient und eine letzte Andeutung davon, dass hier eine Gegend ist, in welcher die Grenze zwischen Praefemur und einstigen Trochanter verschwand. Der Höcker liegt nämlich nicht am Grunde des Praefemur, sondern ein wenig dahinter. Der direkte Praefemurmuskel ist bei *Docophorus communis* N. sehr schwach (schwächer noch als ich zeichnete), bei *Trichodectes latus* N. habe ich ihn überhaupt nicht gesehen. Im Femur-Tibialgelenk haben die deutlichen Gelenkknöpfe eine seitliche Lage (Scharniergelenk) (Abb. 1 und 3). Bei Hexapoden ist das eine ganz gewöhnliche Erscheinung.

B. Physopoda.

Die Blasenfüsse besitzen bekanntlich einen meist zweigliedrigen Tarsus, sowohl Larven als Imagines, das Haftläppchen ist durch ungewöhnliche Vergrösserung zu einer starken Blase geworden, der gegenüber die Krallen oft so zurücktreten, dass man sie anfänglich bisweilen nicht wahrnimmt. K. Jordan[1]) hat uns in seiner hübschen Arbeit über „Anatomie und Biologie der Physapoda“ auch über die Endtheile der Beine genaue Mittheilungen gemacht, die nicht nur die Krallentheile, sondern auch die beiden Tarsenglieder und die Krallensehne klargelegt haben. Die Muskulatur der Beine hat Börner a. a. O. beschrieben, aber wieder den direkten Muskel *d* des Tarsus ausgelassen (vergl. anbei Abb. 6 von *Phloeothrips coriacea* Haliday) auch hat er hier wieder eine „Tita“ („Tibiotarsus“) angenommen und an deren Ende einen Pratarsus, der wie eine gewaltige Klaue aussieht. Thatsächlich ist dieses Gebilde aber ein ganz flüchtig gezeichneter Tarsus mit Uebersehung des von demselben abgesetzten Klauen-Blasengebildes. Die Arbeit Jordan's hätte Börner vor solchen Angaben doch bewahren müssen, wenn er sie gekannt hätte! Jordan sagt S. 565 „die Larven der meisten Physapoden geben ganz ähnliche Fussbilder wie die erwachsenen Thiere“, „der Fuss der Phloeothrips brunnea-Larve ist, wie der aller Larven *ein*gliedrig.“ Er fügt hinzu (was ich bestätigen kann): „Der Rand der Schienenspitze ist durch Borsten gekennzeichnet.“ (Vergl.

[1]) Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, 47. Band 1888.

meine Abb. 6). Auf Grund welcher *Thatsachen* stellt nun Börner seine Physopoden-„Tita“ auf!? Und wo ist auch nur der *Versuch* gemacht die Angaben Jordan's als unberechtigt zu erweisen?!

Nach Börner soll ferner der Trochanter (= Praefemur in meinem Sinne bei Hexapoden) „bisher gänzlich übersehen sein.“ Jordan dagegen schreibt (1888!) ausdrücklich (S. 564): „Der Schenkelring ist schwach und einfach ringförmig.“ Ferner hat Warren Elmer Hinds (Contr. to a Monograph of Thysanoptera, Proceed. U. S. National Museum, Washington 1902) nicht nur geschrieben: „*Trochanter* is a short, small segment between the coxa and the larger femur, its line of attachement with the latter being often considerably oblique“, sondern er hat auch einen Unterschied zwischen dem Trochanter der ersten und der zweiten und dritten Beine angegeben. Endlich hat auch er auf den „Tarsus“ als „composed of two segments“ hingewiesen und seine Eingliedrigkeit bei manchen Larven.

In Abb. 6 sieht man zwei verschieden starke Flexoren im Femur. Das Praefemur von *Phloeothrips coriacea* ist nur noch unvollständig abgegrenzt durch eine Naht, in welcher einige Poren stehen, der direkte Muskel ist erloschen. Im Femur-Tibialgelenk liegen die Gelenkknöpfe wieder seitlich. Interessant sind die Unterschiede zwischen Vorderbeinen (Abb. 7 und 8) einerseits und Mittel- und Hinterbeinen (Abb. 6) andererseits.

An den *Vorderbeinen* ist nämlich der Tarsus, der bekanntlich einige Zähne trägt, *ein*gliedrig, an den Vorderbeinen sah ich vom Flexor nur ein Rudiment (Abb. 8 *y*) an den andern Beinen ist er deutlich ausgebildet. An den Vorderbeinen ist das Praefemur erloschen, während der Schenkel nach oben stark buckelig vortritt. Die den Tarsus durchsetzende Krallensehne ist sehr leicht zu verfolgen und befestigt sich in einem dunkeln Knoten *k* am Grunde der Blase *bl.* Die kleinen Krallen *u* treten wenig hervor.

Den Tarsus-Flexor habe ich auch noch bei anderen *Physopoden* beobachtet, z. B. *Physopus Primulae* Haliday. Die Angaben und Ansichten über den *Physopoden*-Tarsus, welche wir Jordan und Hinds verdanken, kann ich also *bestätigen* und durch den Flexor tarsi noch weiter begründen. Börner schreibt auf S. 223 zuerst richtig von einer „*ehemaligen* Grenze zwischen“ Femur und Trochanter und dann auf S. 225 „dass der Trochanter erst ein sekundäres Beinglied ist“!!! . . .

C. Coleoptera.

Bekanntlich haben die Untersuchungen Schiödte's und anderer Forscher dazu geführt die *Coleopteren-Larven* in zwei grosse Gruppen einzutheilen, nach der Beschaffenheit der *Beine*, nämlich in *Adephagen* deren Larvenbeine *fünf*gliedrig sind und aus Coxa, Praefemur, Femur, Tibia und Tarsus bestehen (abgesehen von den Krallen), und den Uebrigen (*Heterophagen*), welche nur Coxa, Praefemur, Femur und Tibia besitzen, dazu eine sogenannte Kralle, also *vier*gliedrige Beine. Es erhebt sich nun die Frage, *wo ist bei den Heterophagen der Tarsus geblieben?*

Börner hat a. a. O. statt *Tibia*, wie es noch kürzlich ganz richtig von H. J. Kolbe[1]) in seinen schätzenswerthen „Vergleichend-morphologischen Untersuchungen an Coleopteren" geschehen ist, das letzte Beinglied der Heterophagen-Larven (vergl. seine Abb. 4 von *Tenebrio*) einfach als „Tita" (Tibiotarsus) erklärt, *ohne jeden Beweis* (wie auch bei den vorigen Gruppen). Wir wissen also nach wie vor nicht, wo der Tarsus der Heterophagen-Larven steckt. Als ich an die Beantwortung dieser Frage herantretend Schiödte's klassisches Werk der Käfer-Larven prüfte, fiel mir auf, dass er die Krallen der *Adephagen*-Larven glatt und ganz allmählig sich verschmälernd angiebt, nach Art typischer Krallen, die der *Heterophagen* dagegen meist in ihrem Grundtheil plötzlich etwas breiter und an diesem Grundtheil und zwar ein gut Stück hinter der Basis, mit ein, zwei oder mehreren deutlichen Tastborsten. Dieser Gegensatz, im Zusammenhang mit dem bekannten hinsichtlich des Tarsus, war sehr verdächtig. Die Vermuthung stieg mir auf, dass diese „Krallen" der Heterophagen eine Verwachsung eines Tarsus mit einer Kralle vorstellen könnten. Die niederen *Heterophagen*-Formen mussten hier Aufschluss geben. Bei *Staphylinus*- und *Bledius*[2])-Larven fand ich die „Krallen" ebenso wie bei *Tenebrio* in der Grundhälfte etwas aufgetrieben und mit zwei deutlichen Borsten vor der Mitte, ebenso bei *Eros*, nur die beiden Borsten mehr grundwärts. Viele andere Larven der Heterophagen hat Schiödte in ähnlicher Weise ge-

[1]) Festschrift für Eduard von Martens, Archiv f. Nat. 1901.

[2]) Einen Theil der untersuchten Käfer-Larven erhielt ich durch die Vermittelung meines Kollegen Dr. Obst, dem ich auch hier meinen besten Dank ausspreche.

zeichnet, ich selbst anbei in Abb. 9 für *Lampyris*. Bei *Oxyporus* in Abb. 12 seiner Taf. XI giebt er sogar einen deutlichen abgesetzten, mit mehreren Borsten besetzten Grundtheil an. Sehr auffallend fand ich die „Krallen" bei *Telephorus* (Abb. 12), indem hier der Grundtheil nicht nur etwas aufgetrieben ist, sondern auch mit 7—8 kräftigen, in Grübchen sitzenden Tastborsten bewehrt, so dass der Anblick einer eigentlichen Kralle schon ganz verloren geht. Endlich fand ich aber in *Hylecoetus dermestoides* eine Form, die uns gar keinen Zweifel mehr darüber lässt, dass die sog. „Krallen" keine solchen sind (ich wählte diese Form deshalb, weil sie mir durch den übrigen Körperbau, namentlich das Abdomen als ziemlich niedrig stehend bekannt war). Bei mittelwüchsigen Larven nämlich erscheint die „Kralle" als sehr deutlich zweigliedrig (Abb. 16), so dass man sofort ein borstentragendes Glied *ta* und eine unbeborstete Kralle unterscheidet. Dieselbe ist gegen den beborsteten Theil deutlich abgesetzt, manchmal noch entschieden schärfer als das Abb. 16 zeigt. Der einzige Unterschied dieses Gebildes gegenüber Tarsus und Krallen der Adephagen besteht (von der Krallenzahl abgesehen) darin, dass bei den Adephagen ein *Gelenk* besteht, welches bei *Lymexylon*-Larven fehlt. Wir sehen hier jedenfalls aufs deutlichste, *dass eine Verwachsung von Tarsus und Klaue vorliegt* und erkennen durch den Vergleich mit anderen *Heterophagen*-Formen, dass diese Verwachsung eine um so vollständigere wird, je abgeleiteter auch sonst diese Formen sind. Bei erwachsenen *Hylecoetus*-Larven fand ich die beiden Theile der „Klauen" ebenso wie bei den Mittelwüchsigen, nur mehr zusammengedrängt (Abb. 17)[1]). Es ist nicht zu bezweifeln, dass mit der Zeit noch mehr Belege für das Gesagte gefunden werden, zumal ich selbst hier nur verhältlich wenige Formen heranziehen konnte. Das Gesagte lässt aber über das Wesentlichste keinen Zweifel übrig. Ich bezeichne das durch Verwachsung von Klaue und Tarsus entstandene Gebilde als *Tarsungulum*[2]), indem ich also das *Endgebilde* der Beine *Ungulum* nenne. Ich sagte bereits im vierten Aufsatz, dass ich den Begriff „Prätarsus" J. de Meijere's 1901 nicht an-

[1]) Meine Praeparate haben auch die Herren Kollegen Prof. Kolbe und Dr. Obst gesehen und sich von dem Getheilten der sog. „Krallen" überzeugt.

[2]) Ungula bezeichnet die einzelne Kralle, während hier vergleichend-morphologisch *alle* Zustände der Krallen und ihrer Nebengebilde zusammengefasst werden sollen.

nehmen kann, weil es einmal mindestens „Posttarsus“ heissen müsste, sodann aber hat de Meijere theilweise Tarsaltheile mit Klauen vereinigt, daher ist *Praetarsus* = *Ungulum* + *Tarsus* e. p.
Ungulum legt den Nachdruck darauf, dass *ein Gebilde am Ende des Beines gemeint ist, an dessen Grund sich die Krallensehne befestigt und welches zu den gewöhnlichen Beingliedern stets in einem Gegensatze steht,* ein Gegensatz, der sich etwa vergleichen liesse mit dem zwischen gewöhnlichen Segmenten und Frontalstück oder Telson am Körper. Es ist bei der Bezeichnung *Ungulum* also ein *Endstück* ins Auge gefasst, ohne Rücksicht darauf, ob dasselbe aus ein, zwei oder drei Krallen besteht, ob Gleitflächen, Streckplatten und Haftbläschen u. a. vorhanden sind oder nicht. Auch bleibt es vollkommen dahingestellt, ob das *Ungulum* ein Glied zu nennen ist oder nicht. Physiologisch ist es ein Glied, aber ebenso sicher ist, dass es physiologisch ein von typischen Beingliedern völlig verschiedenes Stück ist. Das *Ungulum* ist ein *Podotelson*.

Ich musste hier wegen des *Tarsungulum* nothwendig mit einigen Worten auch auf das *Ungulum* eingehen und hoffe später darauf zurückkommen zu können.

Das *Tarsungulum* der Heterophagen-Larven zeigt zur Genüge, dass Kolbe vollkommen Recht hatte, wenn er a. a. O. S. 120 schreibt: „Während nun die adephagen Coleopteren durch die Larven eine tiefere Organisationsstufe darstellen als die übrigen Coleopteren, stimmen auch ihre Larven mit den Neuropteren-Larven mehr überein, als die Larven der übrigen Coleopteren. Thatsächlich gleichen die Larven der Adephagen in der Zusammensetzung des Beines den Neuropteren-Larven.“ Die Beinmuskulatur hat Kolbe zwar nicht benutzt, aber er war, so lange nichts anderes bewiesen wurde, durchaus im Recht, das Beinendglied der Heterophagen-Larven als *Tibia* zu bezeichnen und die weiteren Beinuntersuchungen bestätigen das vollkommen. Dagegen ist die „Tita“ (*Tibiotarsus*) Börner's, wie schon oben gesagt, unbewiesen. (Vergl. seine Abb. 4 und 6).

Die Muskulatur der Käfer-Larvenbeine ist von Schiödte nur ganz undeutlich angegeben, dagegen sind Börner's Abbildungen a. a. O. im Wesentlichen zutreffend, nur ist der lange Brückenmuskel (*b* Abb. 11 und 13) durchaus selbständiger Natur gegenüber dem im Schenkel liegenden Flexor,

während Börner's Abb. 6 die Vorstellung erweckt als handle es sich um *einen* Muskel, von dessen Fasern nur ein Theil auf das Praefemur übergreift.

Von Wichtigkeit ist, beim Vergleich der Adephagen und Heterophagen-Larvenbeine der Umstand, dass, der Tarsusverkümmerung und Einwachsung in die Klaue entsprechend, der Tarsus*flexor* der Letzteren verkümmert und überhaupt die Beinmuskulatur in dem Maasse abnimmt, wie diese Beine schwächer werden (vergl. meine Abb. 11 und 13). Indessen beobachtete ich ein Fehlen des Brückenmuskels auch bei Dytiscus Abb. 18. Einen wichtigen *chilopodenähnlichen* Charakter zeigen diese Larvenbeine darin, dass die Gelenke, mit Ausnahme desjenigen zwischen Coxa und Telopodit, dorsale und ventrale Gelenkknöpfe besitzen, jedenfalls aber die ersteren. Besonders zu beachten ist das hinsichtlich des Femur-Tibial-Gelenkes, indem dasselbe bei Imagines in der Regel *seitliche* Gelenkknöpfe besitzt (Scharniergelenk). Wenn also von einer Umwandlung der Gelenkknöpfe die Rede ist, so geschieht dieselbe von dorsoventralen oder dorsalen in laterale, ganz entsprechend dem von mir im dritten Aufsatze geschilderten Verhalten der Chilopoden. Die gewöhnliche Kniegelenkveränderung der Käfer zeigt also schon bei der einzelnen Art, dass die Angabe Börner's a. a. O. wonach die zwei „Angelpunkte" „auf der Oberseite so nahe rücken, dass . . . die Verschmelzung beider zu einem einzigen vorkommt, der dann stets am Oberrande des Beines gelegen ist" auch für die Insekten unhaltbar ist. Im ersten und zweiten Aufsatze habe ich auf das Vorkommen des *echten* Trochanter bei *Hexapoden* hingewiesen. Jetzt betone ich sein Vorkommen bei manchen Käferlarven. Unter den Heterophagen stelle ich ihn fest für *Lampyris noctiluca* (Abb. 9 und 10), wo das Glied zwischen Hüfte und Schenkel durch einen sehr deutlichen Nahtring in zwei Theile getheilt wird, von denen der grundwärtige Trochanter etwa zwei Drittel der Grösse des Praefemur erreicht. Der direkte sowohl als auch der Brückenmuskel gehen nicht über diese Naht hinweg (Abb. 9). In einem Falle sah ich auch, wie sich die beiden Glieder Trochanter und Femur von einander lösten. Unter den *Adephagen* habe ich den Trochanter bei *Dytiscus*-Larven gefunden (Abb. 18), wo sogar in der schmalen Zwischenhaut einige Drüsenporen liegen (vergl. Libellen), hier ist der Trochanter sogar etwas grösser als das Praefemur. Man vergleiche nun derartige Fälle mit solchen, wie

ich sie in Abb. 6 von Phloeothrips darstellte, wo der an den Schenkel angewachsene Praefemur (*prf*) durch eine Naht, ebenfalls mit einigen Poren kenntlich geblieben ist, und ich frage, ist zwischen diesem Fall des angewachsenen Praefemur und jenem des angewachsenen Trochanter noch irgend ein topographischer Unterschied von Belang festzustellen?! Höchstens der, dass bei Phloeothrips das Praefemur eine *schwächere* Naht besitzt als der Trochanter bei Dytiscus! Wenn es nun noch einen „ungläubigen Thomas" giebt, der den *echten* Trochanter läugnen will, soll er wenigstens so folgerichtig sein, auch das Praefemur zu läugnen!!!

D. Rhynchota.

Ein schönes Beispiel für besondere Anpassung jedes der drei Beinpaare an bestimmte Thätigkeiten liefert uns die Gattung *Corisa*. Während die Hinterbeine vollendete Ruder vorstellen, sind die vorderen vortrefflich geeignet, Beutestücke und überhaupt Nahrungstheile zu halten, die mittleren dagegen mit ihren gewaltigen Krallen (Abb. 21) erleichtern diesen Thieren das Anklammern an Wasserpflanzen und sonstige Gegenstände.

Diesen verschiedenen Verrichtungen entsprechend, zeigt auch Gliederung und Muskulatur interessante Verschiedenheiten, zumal wenn man Larven und Nymphen mit berücksichtigt. — An *Mittel-* und *Hinterbeinen* zeigen alle Stände Coxa, Praefemur, Femur, Tibia und Tarsus. Der *Tarsus* ist stets eingliedrig, nur an den *Hinterbeinen* wird er bei den *Imagines* zweigliedrig (Abb. 20), nachdem Larven und Nymphen noch nichts von einer Zertheilung des Tarsus haben erkennen lassen (Abb. 19). Das *Praefemur* ist besonders an den Hinterbeinen länglich und artikulirt mit der Hüfte vermittelst eines eigenthümlichen Fortsatzes *z*, an dessen Ende sich ein Höcker befindet mit einem Grübchen, in welches ein Hüftzapfen greift. Neben diesem Hüftzapfen befindet sich eine tiefe Bucht (Abb. 20), in welche das Praefemur eingreift, um bei den Ruderschlägen möglichst weit ausholen zu können, wie dergleichen auch von manchen anderen Wasser-Pterygoten bekannt ist. Grundwärts neben dem Praefemur-Fortsatz *z* ist ein Stück *x* etwas abgesetzt, wir müssen es als einen Rest des echten Trochanter ansehen.

Die beiden Krallen der Mittelbeine sind von kolossaler Länge, ungefähr so lang wie der Tarsus (Abb. 21) und säbelartig gebogen. Die Krallen der Hinterbeine dagegen (Abb. 20 und 24 *k*) sind so schwach, dass sie bisher übersehen wurden. Sie erscheinen bei den Imagines wie eine gegabelte, starke, am Grunde etwas angeschwollene Borste, und sind ausserdem dadurch bemerkenswerth, dass — während sie bei den Larven am Ende sitzen (Abb. 19) und noch ziemlich kräftig aber auch schon borstenartig, übrigens in der Zweizahl, bei den Nymphen ebenso aber von viel geringerer Grösse — sie hier ein gut Stück vom Fussende entfernt, vor dem Ende des zweiten Tarsus, an der Unterseite sitzen, oft ganz verdeckt von den langen Ruderhaaren (Abb. 24 *g*), die in den Abbildungen meist fortgelassen wurden. Dass es sich hier wirklich um ein Krallengebilde handelt, zeigt die Sehne *s*, welche an dasselbe heranzieht, und übrigens lehrt es ja auch die geschilderte Entwickelung.

Die *Vorderbeine* sind in allen Stadien durch den merkwürdig schaufel- bis baummesserartigen *Tarsus* ausgezeichnet (Abbildung 22 und 23). Nicht minder eigenartig ist die *Tibia*, indem sie einmal eine im Verhältniss zu Femur und Tarsus geringe Grösse aufweist, sodann auch eine stumpfwinkelige *Knickung* nach unten, indem sie in der Grundhälfte unten eine scharfe Kante aufweist, die schräg nach oben bis etwa zur Mitte zieht. Auch ist die Tibia gegen das Ende ein wenig verdickt. Bei Larven (jüngeren sowohl als älteren) und Nymphen ist die Tibia mit dem Tarsus zu einem *Tibiotarsus* vereinigt. (Nur die allerjüngsten Lärvchen konnte ich hierauf nicht prüfen.) Trotzdem besitzen auch diese Entwickelungsformen die geschilderte Knickung (Abb. 23 *y*) und an der Stelle, wo das gewöhnliche Tibiotarsalgelenk fehlt, im Innern einen etwas vortretenden Ring. Auch liegt der dünne Krallenmuskel an der bekannten Stelle, ganz wie bei den Imagines. Es liegt mit diesem Tibiotarsus also ein larvaler Anpassungscharakter vor, wie deren von *Rhynchoten* eine grosse Menge der verschiedensten Art bekannt sind. Auch den Vorderbeinen fehlen die Krallen durchaus nicht, sind aber stets (bei Larven sowohl als auch Imagines) von geringerer Grösse, einem Stachel nicht unähnlich und meist so durch die langen Haare des Tarsus überdeckt, dass man sie besonders scharf in's Auge fassen muss. Uebrigens haben sie schon bei den jüngeren Larven die Gestalt eines Stachels mit lang ausgezogener Spitze.

Den geschilderten Ausgestaltungen in Bau und Gliederung der Beine angemessen ist die Muskulatur, die im Grunde sich dem Haupttypus der Insekten-Beinmuskulatur entsprechend verhält: An den *Mittelbeinen* zwei deutliche Krallenmuskeln, im Anschluss an die starken Krallen, an den *Vorderbeinen* zwei schwache Krallenmuskeln (deren Fasern degenerativ aussehen) im Anschluss an die schwachen Krallen, an den Hinterbeinen nur ein Krallenmuskel und zwar ein kräftiger bei den Larven wo diese Krallen noch gut entwickelt sind (Abb. 19), ein schwacher bei den Imagines (Abb. 20 *s, s*), wo sie einen verkümmerten Eindruck machen.

Der direkte Muskel des Praefemur (d^3) ist stets gut ausgebildet, hat an den Mittel- und Hinterbeinen mehr die typische Lage, während er an den Vorderbeinen vollständig als Flexor auftritt.

Die Brückenmuskeln (Abb. 22 *b*) haben an den Vorderbeinen ihre typische Entwickelung, während sie an Mittel- und Hinterbeinen in Wegfall kamen. Ein oberer und ein unterer direkter Muskel im Femur (Extensor und Flexor) sind an allen Beinpaaren vorhanden. In der Regel ist auch der in der Tibia liegende direkte Muskel (Tarsusflexor) mehr oder weniger gut ausgebildet, nur an den Vorderbeinen fehlt er den Entwickelungsformen (Abb. 23), während er den Imagines, im Zusammenhang mit der Ausprägung des Tibiotarsalgelenkes, in kräftiger Weise zukommt (Abbildung 22 *d*).

Es wird Niemand behaupten wollen, dass dieser so plötzlich auftretende Muskel etwas „Neues" sei, im Gegentheil, es ist *ein uraltes Erbstück aus der Vielfüsslerzeit, ein ganz bekannter und weit bei den Tracheaten verbreiteter Muskel, dessen Anlage aber durch die Larvenzeit geschlummert hat und plötzlich während der Nymphenperiode erst zum Leben erwacht. Ein Stück embryonalen Vorgangs hinausgelegt in die Nymphenzeit!*

Es ist das bekanntlich eine für Chilopoden und Diplopoden ganz gewöhnliche Erscheinung, hier nur in anderem Rahmen verlaufend.

Das an den Hinterbeinen der Imagines neu auftretende Gelenk zwischen erstem und zweitem Tarsus ist ein abgeplattetes „Kugel"-Gelenk.

Corisa ist also auch ein vortreffliches Beispiel für Belegung von Gesetzmässigkeit und Variabilität der Beinmuskulatur zugleich, für *Gesetzmässigkeit*, indem auch diese Formen als Ganzes durchaus meinem Muskel-

homologiegesetz entsprechen, für *Variabilität*, indem die Muskulatur schwankt, im engsten Zusammenhange mit den Lebensverhältnissen. Die ursprünglichen typischen *Grundzüge*, oder die Erbschaftssumme der historischen Entwickelung, konnten aber selbst so einschneidende Veränderungen, wie sie bei der Anpassung an bestimmte Lebensaufgaben bei *Corisa* vorliegen nicht verwischt werden.

Es schien mir daher lohnend, auf diese Gattung ein wenig näher einzugehen.

Verschiedene frühere Autoren[1]) haben die Vorder- und Hinterbeine von *Corisa* für „krallenlos" erklärt, was nach dem Gesagten daher kommt, dass die kleinen Krallen bei flüchtiger Betrachtung übersehen oder für Borsten gehalten werden. Immerhin ist es berechtigt, dass Kolbe von einem „Schwinden[2]) der Krallen" spricht, das zu der eigenthümlichen „Verwendung der Beine in Beziehung steht." Bestimmt unrichtig dagegen ist es, wenn Börner a. a. O. erklärt, „man könnte vermuthen, dass hier (nämlich bei *Corisa*) der Praetarsus mit dem Tarsus verschmolzen sei." Ein Stück Wahrheit würde seine weitere Behauptung enthalten, „ich möchte aber diese Spitze als eine nicht nach Reduction des Praetarsus (+ Klauen) erworbene Neubildung auffassen", wenn er nicht ausdrücklich vorher von „Vorderbeinen" gesprochen hätte. Auf diese passt das, wie ich gezeigt habe, gar nicht, dagegen würde es der Wahrheit nahe kommen, wenn wir die Hinterbeine in's Auge fassen, wo wie meine Abb. 20 und 24 zeigen, die „Spitze" wirklich vom Tarsus eingenommen wird, aber einmal ist keine „vollständige Reduction" des *Ungulum* eingetreten und dann würde auch das nur für die Imagines gelten, da die Larven annähernd normale Krallen besitzen.

Vorläufig will ich nicht auf weitere Rhynchoten eingehen, aber einen Punkt muss ich doch noch berichtigen: Nach Börner soll nämlich „der Tarsus" die „Beweglichkeit gegen die Tibia" aufgegeben haben bei *Naucoris cimicoides*. Thatsächlich ist bei dieser Form der Tarsus nicht nur noch deutlich gegen die Tibia beweglich, wie mir der Versuch bewiesen hat,

[1]) Vergl. z. B. H. J. Kolbe, Einführung in die Kenntniss der Insekten, S. 287.

[2]) „Schwinden" also nicht gleichbedeutend mit „Verschwinden"!

sondern besitzt auch ein sehr deutliches Gelenk, dessen Excursionsweite allerdings im Vergleich mit typischen Fällen entschieden geringer ist.

* * *

In den vier vorstehenden Kapiteln habe ich Beispiele und Belege für mein Bein-Muskelhomologiegesetz gebracht in Bezug auf Hexapoden und damit die Anhaltspunkte vermehrt. Ich hoffe in einem späteren Aufsatze dieses Thema fortsetzen zu können. Zugleich versuchte ich unsere Kenntniss der Beingliederung der Insekten etwas zu vermehren und namentlich auch das Verhältniss von *Tibia, Tarsus* und *Ungulum*. — Ich muss hier auf Börner's Anschauungen (am angeführten Orte) zurückkommen. Er glaubt drei alte Beinglieder unterscheiden zu müssen, *Coxa, Trochanterofemur* (nach meiner Bezeichnungsweise würde es heissen Praefemorofemur) und *Tibiotarsus*, denen er dann noch den „Praetarsus" zugesellt. In der Fassung der Coxa hat er sich meiner Anschauung (wie ich sie 1902 in den Nova Acta darlegte) angeschlossen. Die Begriffe *Trochanterofemur* und *Tibiotarsus* als alte Beinglieder sind dagegen für *Hexapoden* völlig unhaltbar. Für *Progoneaten* habe ich das bereits erörtert, den „Tibiotarsus" der *Chilopoden* ebenfalls, und damit ist für jeden etwas philosophisch denkenden die Sache im Grunde erledigt. Da wir uns aber nicht bloss auf phylogenetische Vorstellungen stützen können, so fasse ich, zunächst rein auf die Thatsachen fussend, diese Fragen bei *Hexapoden* von Neuem auf. Bei den weitaus meisten Insekten ist das *Praefemur* (meist = Trochanter im alten Sinne) ein wohlausgebildetes Glied, mit einem (oder seltener zwei) kräftigen direkten Muskeln. *Wo dieses Glied mehr oder weniger verkümmert, handelt es sich immer um Fälle, in denen die betreffenden Beine auch sonst irgend etwas Absonderliches oder Ungewöhnliches haben*, so bei den *Physopoden* die eigenthümlich kurzen Tarsalglieder, die derivaten Klauen und die ganz ungewöhnlichen Endblasen. Bei manchen *Orthopteren* sind die Sprungbeine in Betracht zu ziehen; der Name Sprungbeine sagt genug, d. h. stempelt die betreffenden Beine als entschieden abgeleitete. Was haben also solche Fälle für einen Werth zur Entscheidung der Frage nach den phylogenetisch alten Beingliedern!? Die Thatsachen lehren, dass gerade da, wo wir, wenn die Annahme eines alten Trochanterofemur (recte Praefemorofemur) richtig

wäre, einen solchen erwarten müssten, nämlich *bei einfachen typischen Beinen niederer Hexapoden, ihn nirgends finden,* weder *bei echten Thysanuren noch bei Blattodeen, Dermapteren* und andern niederen Gruppen derselben. Dass wir ihn bei *Myriopoden* erst recht nicht finden und dass dort die Muskulatur sogar gerade darauf hinweist, dass die Grenze zwischen Praefemur („Trochanter") und Femur eine besonders ausgeprägte ist, habe ich bereits gezeigt. Eine Verwachsung von Praefemur und Femur ist überhaupt nur da möglich, wo die *grundwärtigen Brückenmuskeln des Chilopoden-Typus* (die nur in beschränktem Maasse auf einzelne niedere Hexapoden vererbt worden sind), *vollkommen erloschen.*

Schlimmer noch steht es mit Börner's *„Tibiotarsus"*, da ich im Vorigen gezeigt habe, dass ein solcher in den von ihm herangezogenen Gruppen der *Mallophagen, Physopoden* und *Larven* der *Coleoptera-Heterophaga gar nicht existirt,* dass hier vielmehr immer der *Tarsus* entweder übersehen oder verkannt wurde, mehrfach auch dessen Flexoren. Der einzige Fall, in welchem ich mit Sicherheit einen *Tibiotarsus* feststellen konnte, nämlich Vorderbeine der *Corisa-Larven,* wird von Börner nicht erwähnt, ist aber als eine ausgesprochen *secundäre* Erscheinung in einer so stark ausgestalteten Gruppe um so eklatanter, als er eben nur an den Vorderbeinen vorkommt und ausserdem, wie oben geschildert, die Larven verschiedene Merkmale der Imago-Tibia ebenfalls besitzen. Der Tibiotarsus hat also lediglich Interesse als Fall abgeleiteter, specieller Verhältnisse mit theilweise zurückgebliebener Ontogenese. Da Börner die alte unrichtige Theorie der Beingliederhomologie der Opisthogoneata (vermehrt durch seine eigenen, noch unrichtigeren Hypothesen) als Basis für Mundtheil-Erklärungen benutzt hat, liegt es auf der Hand, dass solches Unternehmen von vornherein als bedenklich bezeichnet werden muss.

* * *

Anmerkung: Die *Collembolen* besitzen ausser dem kleinen Tarsus die *vier* von mir angegebenen alten Beinglieder, *Coxa, Praefemur, Femur* und *Tibia,* wobei das Praefemur oft eine für *Hexapoden* ursprüngliche längliche Gestalt bewahrt hat. Ueberreste des Trochanter habe ich von *Orchesella* nachgewiesen. Börner hat sich ja inzwischen von der Unrichtigkeit

seiner auf S. 696 des Zool. Anzeigers Nr. 657 geäusserten Ansicht, über die Hüften, die übrigens ein Anschluss an V. Willem war, überzeugt. („Von den Praecoxalgliedern Willem's muss man meiner Ansicht nach das untere als Coxa, das obere als Basis(!) der Extremität auffassen" Börner.) Aber auch die neuere, welche a. a. O. (Sitz.-Ber. d. Ges. nat. Fr.) in Abb. 13 zum Ausdruck kommt, ist hinsichtlich des „Trochanter" nicht haltbar, wie sich aus meinen Mittheilungen ergeben hat. Insbesondere weise ich nur nochmals auf den grossen Brückenmuskel hin, der bei den *Collembolen* in typischer Weise Praefemur und Femur durchzieht. Ferner ist der *Praetarsus* (*Pr* seiner Abb. 13) *kein* solcher, sondern ein *kleines Tarsalglied*, wie es auch häufig richtig angenommen wurde (z. B. von C. Schäffer 1896 in den Collembola der Umgebung von Hamburg). J. de Meijere hat in seiner schönen Arbeit über „Das letzte Glied der Beine bei den Arthropoden"[1]) auf Tafel 30 in Abb. 4—6 von *Isotoma* allerdings auch das kleine Glied vor den Klauen zum Prätarsus gerechnet, aber auf S. 424 nennt er selbst dieses „Verhalten ein sehr eigenthümliches". Seine Abb. 4 zeigt das für unsere Frage Entscheidende, nämlich den *Ansatzpunkt* der grossen Krallensehne endwärts *hinter* dem fraglichen Gebilde ganz deutlich, weshalb es auch kein Praetarsus sein kann. Bei *Podura* habe ich dasselbe beobachtet, doch ist dieser kleine Tarsus manchmal undeutlich abgegrenzt. Bei der in den Nova Acta 1902 von mir abgebildeten *Orchesella* ist die Tibia nahe der Mitte etwas eingeschnürt, während das kleine Endglied vor den Krallen fehlt. Solche Vorkommnisse haben Börner auf den Gedanken eines Tibiotarsus gebracht. Wenn ein solcher auch für einige *Collembolen* ebenso berechtigt sein sollte, wie in dem für *Corisa*-Larven oben von mir erörterten Falle, so ändert das selbstverständlich nichts an der allgemeinen Beinauffassung, da hier ausgesprochen *sekundäre* Verhältnisse vorliegen.

[1]) Zoolog. Jahrbücher 1900, Bd. XIV.

Tafel 1 und 2.

Folgende Abkürzungen gelten allgemein:

co = Coxa	*prti* = Praetibia
tr = Trochanter	*ti* = Tibia
prf = Praefemur	*ta* = Tarsus
fe = Femur	

Krallenmuskeln:
- *kmt* des Trochanter,
- *km* des Praefemur,
- *km*¹ des Femur,
- *km*² } der Tibia [oder
- *km*³ } der Praetibia und Tibia].

Brückenmuskeln (indirekte Muskeln):
- *cobm* coxale, } grundwärtige (proximale) Brückenmuskel
- *prbm* und *prbm*¹ trochantero-praefemorale seitliche, } grundwärtige (proximale) Brückenmuskel
- *mfx* trochantero-praefemorale untere, } grundwärtige (proximale) Brückenmuskel
- *bm* praefemurfemorale (oder kurz grosse Brückenmuskeln), } endwärtige (distale) Brückenmuskel
- *bm*¹ obere (oder kleine) praefemurfemorale } endwärtige (distale) Brückenmuskel

Kniebrückenmuskeln *bmk.*

Direkte Muskeln:
- *ms* obere, *mf* untere } praefemorale,
- *ms*¹ obere, *mf*¹ untere } femorale,
- *ms*² obere, *mf*² untere } tibiale,
- *mtr* } schräger Trochantermuskel.

In Abb. 1, 2, 13 und 14 sind die *Krallenmuskeln* ganz *ohne* Strichelung gelassen, in Abb. 9, 10 und 11 sind sie durch *Längs*streifung kenntlich gemacht.

Tafel 1.

Tafel 1.

Abb. 1. *Lithobius forficatus* L. Laufbein eines Adolescens.

Abb. 2. *Lithobius caesar* Verh. Stück eines macerirten 13. Beines, von unten gesehen, durchsichtig.

Abb. 3—7. *Scutigera coleoptrata* Latr.

3. Ein Laufbein.

4. Theil des Tarsus, *a* erstes Glied, *b* die sechs folgenden Gliedchen des zweiten Theiles, *c* zwei Gliedchen des dritten Theiles.

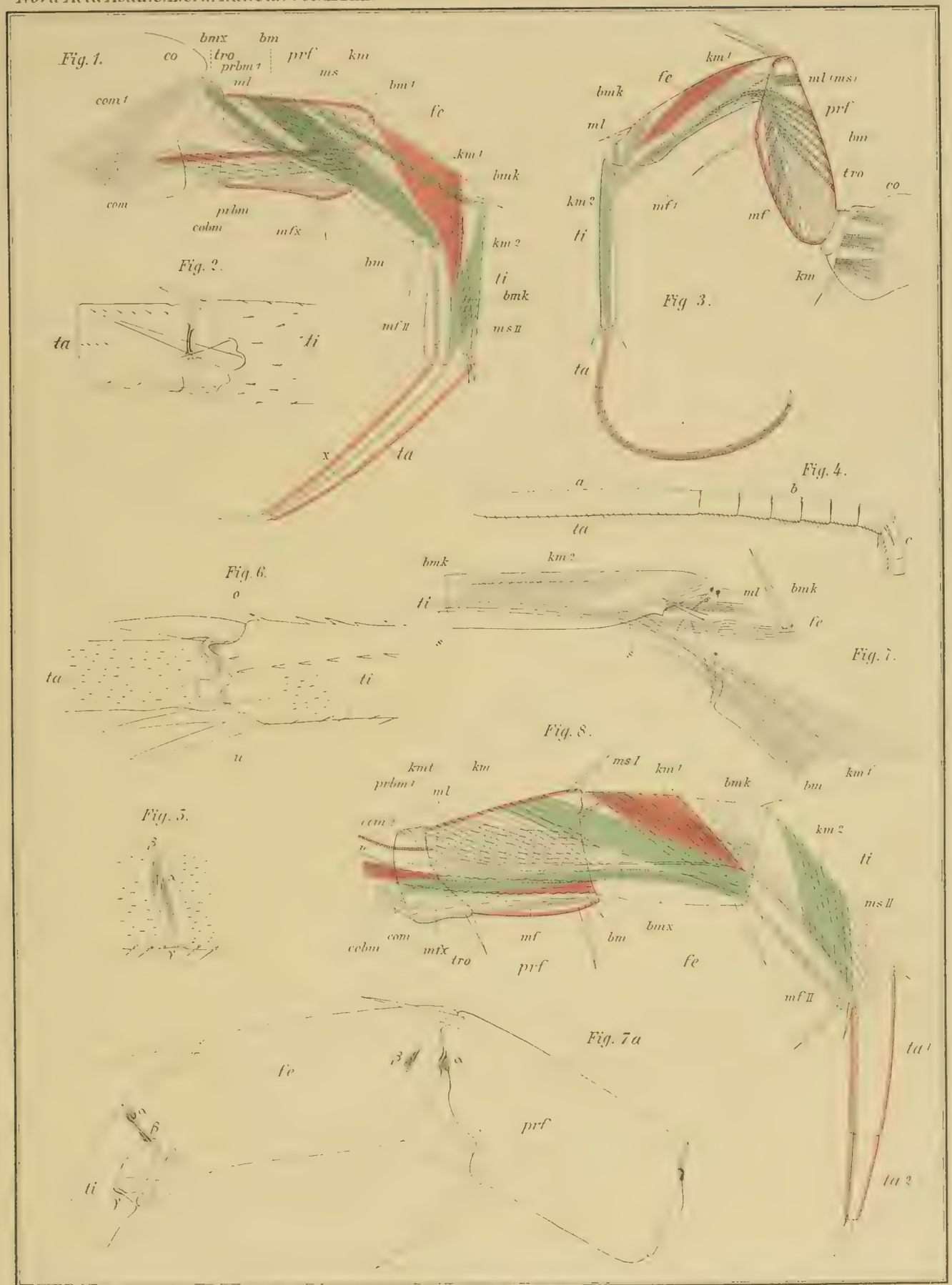
5. Theile zweier kleiner Tarsengliedchen mit drei Gelenkknöpfen, α, β den seitlichen, γ den unteren.

6. Gelenkzapfen und Gruben zwischen Tibia und Tarsus, *u* ein unterer, *o* zwei seitliche (obere).

7. Kniestelle mit angrenzenden Muskeln und drei Paar Gelenkknöpfen.

7a. Praefemur, Femur und Stück der Tibia, macerirt, α, β die zwei Gelenkknopfpaare zwischen den beiden ersteren, α, β, γ die drei Gelenkstellen zwischen den beiden letzteren Gliedern.

Abb. 8. *Lithobius forficatus* L. Laufbein eines Erwachsenen aus der hinteren Körperhälfte.



Verhoeff. del.

Lith. Anst. Julius Klinkhardt Leipzig

Anamorpha und Scutigera:
K. Verhoeff: Tracheaten Beine. Taf. I.

Tafel 2.

Tafel 2.

Abb. 9—11. *Cryptops hortensis* Leach.
9. Ein 19. Laufbein.
10. Ein 20. Laufbein.
11. Ein Endbeintelopodit (21.).

Abb. 12 und 13. *Orya barbarica* Gervais.
12. Ein Laufbein von unten gesehen, macerirt, nur die Klaue zur Seite gedrängt.
13. Ein typisches Laufbein (ebenso verhält sich Bothriogaster).

Abb. 14. *Geophilus carpophagus* Leach. ein Endbein.

Abb. 15. *Chilopoda:* Schema der direkten Muskeln.

Abb. 16. *Chilopoda:* Schema der Brückenmuskeln.

Verhoeff del. Lith. Anst. Julius Klinkhardt Leipzig.

Epimorpha.

K. Verhoeff: Tracheaten Beine. Taf. 2.

Tafel 3 und 4.

Folgende Abkürzungen gelten allgemein:

co = Coxa.
tr = Trochanter.
prf = Praefemur.
fe = Femur.
ti = Tibia.
ta = Tarsus.
k = Ungulum.
bl = Endblase desselben.

Direkter Muskel
- der Tibia = *d*
- des Femur oben = d^1
- des Femur unten = d^2
- des Praefemur = d^3

Brückenmuskel = *b*
Beintrachee = *tra*
Krallenmuskel der Tibia = *km*
Krallenmuskel des Femur = km^1
cm, cm^1, cm^2, cm^3 = direkte Coxalmuskeln,
cmb = coxaler Rumpfbrückenmuskel.

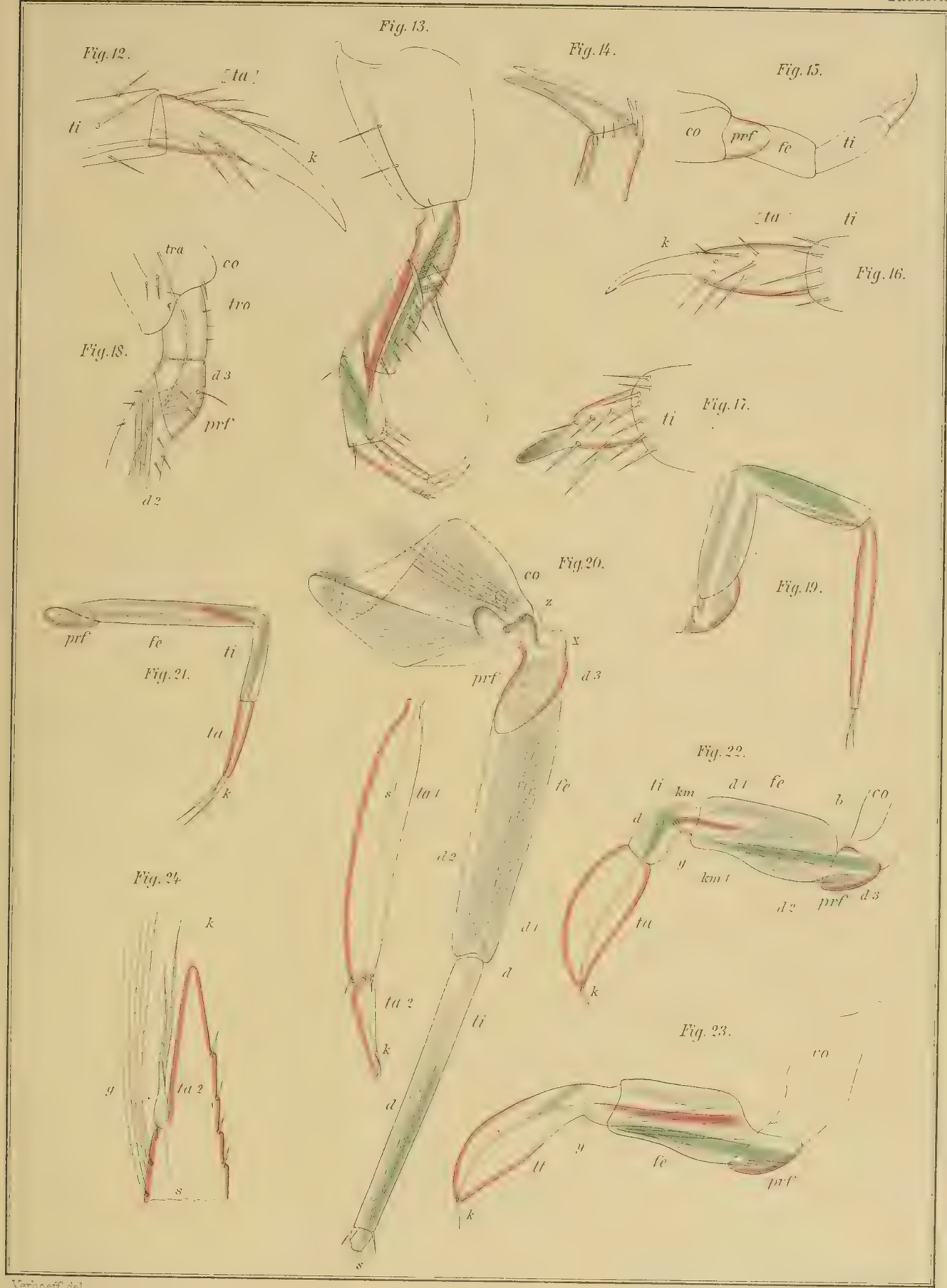
Tafel 3 und 4.

1—5. *Mallophaga.*
6—8. *Physopoda.*
9—18. *Larven, Coleoptera.*
19—24. *Rhynchota (Corisa).*
Abb. 1. *Docophorus communis* N.
Abb. 2. *Ornithobius cygni* D.
Abb. 3. *Trichodectes latus* N.
Abb. 4. *Colpocephalum* sp.
Abb. 5. *Physostomum* sp.
Abb. 6—8. *Phlocothrips coriacea* Haliday
6 Hinterbein, 7 und 8 Vorderbein.
Abb. 9 und 10. *Lampyris noctiluca* L. Larve.
9 Bein, 10 Trochanter und Praefemur.
Abb. 11 und 12. *Telephorus* sp. Larve.
Abb. 13 und 14. *Pterostichus* sp. Larve.
Abb. 15—17. *Hylecoetus dermestoides* L.
15—16 Larve, mittelwüchsig,
17 ältere Larve.
Abb. 18. *Dytiscus* sp. Larve.
Abb. 19—24. *Corisa* sp. (Schwimmhaare und die Borsten sind meist fortgelassen).
19 Hinterbein, Larve.
20 Hinterbein, Imago.
21 Mittelbein, Larve.
22 Vorderbein, Imago.
23 Vorderbein, Nymphe.
24 Hinterbeinende, Imago.

Verhoeff. del.

Lith. Anst. Julius Klinkhardt Leipzig

Fig. 1. bis 5. Mallophagen-Beine. Fig. 6. bis 11. Beine von Physopoden und Coleopteren-Larven.
K. Verhoeff: Tracheaten Beine. Taf. 3.



Verhoeff. del.

Lith. Anst. Julius Klin

Fig. 12 bis 18 Beine von Coleopteren-Larven.
Fig. 19 bis 24 Rhynchoten-Beine: Corisa.
K. Verhoeff: Tracheaten Beine. Taf. 4.

NOVA ACTA.

Abh. der Kaiserl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher

Band LXXXI. Nr. 5.

Ueber die Endsegmente des Körpers der Chilopoden, Dermapteren und Japygiden und zur Systematik von Japyx.

Von

Dr. Karl W. Verhoeff.

Aus dem Berliner zoologischen Museum (Museum für Naturkunde).

Mit 2 Tafen Nr. XVIII—XIX.

Eingegangen bei der Akademie am 12. Mai 1903.

HALLE.

1903.

Druck von Ehrhardt Karras, Halle a. S.

Für die Akademie in Commission bei Wilh. Engelmann in Leipzig.

Im Folgenden möchte ich die Aufmerksamkeit der Naturforscher zunächst auf einige Verhältnisse der Chilopoden-Organisation lenken, die an und für sich weniger den Thatsachen nach etwas Neues sind, als der logischen Erkenntniss. Zugleich werden diese Verhältnisse neues Licht werfen auf die in den letzten Jahren von mir wiederholt nachdrücklich betonte nähere Verwandtschaft der Chilopoden und Insekten.

Es ist bekannt, dass die *Scutigeriden* und *Anamorphen* alle durch den Besitz von *15* Beinpaaren ausgezeichnet sind, während die *Scolopendriden* mit *21* oder *23* und die *Geophiliden* mit 31—173 Beinpaaren ausgerüstet wurden. Während man bisher aber bei allen diesen *Chilopoden* ohne Bedenken das letzte Beinpaar als End- oder Schleppbeine übereinstimmend bezeichnet hat, scheint es Niemand aufgefallen zu sein, dass man das **15.** Beinpaar eines *Lithobius* z. B. dem **173.** Beinpaar eines *Himantarium* gleichgesetzt hat und durch die gleiche Bezeichnungsweise auch für homolog ausgegeben. *Ein Beweis hierfür ist aber bisher nirgends erbracht worden!* Es läge doch von vornherein ebenso nahe oder noch näher zu denken, dass das **15.** Beinpaar von *Lithobius* z. B. dem **15.** Beinpaar von *Himantarium* homolog wäre.

Erich Haase sagte 1880 in „Schlesiens Chilopoden" Seite 5 „Die epimorphe Hypogenesis ist nur ein Zunehmen der Grösse und Geschlechtsreife, da der Embryo das Ei mit sämmtlichen Organen[1]) des geschlechtsreifen Thieres verlässt." Auf Seite 3 heisst es: „Selbst die Schleppbeine sind erst im späteren Verlauf der ontogenetischen Entwickelung für ihren späteren Zweck, beim Miniren und Graben als Stützen zu dienen, — wie dies wenigstens sicher für *Lithobius* und die *Scolopendriden* gilt, deren Schleppbeine mit starken Dornen bewehrt sind, — ummodificirt, denn in

[1]) Das ist jetzt als *nicht* zutreffend bekannt!

der Jugend sind sie den anderen Beinen ziemlich gleich[1]) und *dienen wohl auch noch zum Laufen*, während sie später, als hinderlich, dabei emporgehoben werden." Das Letzte spricht entschieden dafür, dass E. Haase die Schleppbeine von *Chilopoden* mit verschiedener Segmentzahl, wenigstens die von *Lithobius* und *Scolopendriden nicht* für homolog gehalten hat. In der That giebt es auch ganz bedeutende Unterschiede zwischen den Endbeinen der *Anamorpha* und *Scolopendriden* und andere wieder bei den *Geophiliden*, in Gliederung und Muskulatur sowohl, als auch hinsichtlich Behaarung, Bestachelung, Gestalt, Drüsenausrüstung und Grösse. Alles das kann aber noch *nicht* gegen eine Homologie aller Endbeine sprechen.

Die *Geophiliden* und *Scolopendriden* setzen uns nun, vermöge ihrer Variationserscheinungen, in den Stand hinsichtlich dieser Frage der *Homologie der Endbeine* absolute Klarheit zu erlangen. Es ist bekannt, dass die *Epimorpha* stets eine ungerade Beinpaarzahl aufweisen und dass also zwischen den Zahlen, welche thatsächlich vorkommen, immer andere sich finden, die niemals vorkommen. Auch wissen wir, dass bei Geophiliden die Beinpaarzahl nicht nur bei verschiedenen Arten, sondern sogar innerhalb einer und derselben Art schwankt und zwar kommt das bei den meisten Arten vor. Bisweilen ist diese Variation sogar eine beträchtliche. Durchschnittlich ist die Schwankung um so grösser, je höher die Durchschnittszahl ist, auch kann es als wahrscheinlich gelten, dass, obwohl die meisten Geophiliden das Ei schon mit der endgültigen Beinpaarzahl verlassen, bei sehr beinpaarreichen Formen eine beschränkte Anamorphose stattfindet. Auch im Ei wachsen die Beinanlagen der Geophiliden erst allmählig von vorn nach hinten hervor. Jedenfalls lehren uns die *Anamorpha*, dass beim Wachsthum der Larven derselben meist *zwei* Beinpaare zuwachsen, entsprechend der Thatsache, dass bei den *Geophiliden die Variationsstufen ebenfalls immer durch zwei Beinpaare* getrennt werden. Bei *Scolioplanes acuminatus* z. B. kommen 39 und 41 Beinpaare vor, meist nach Geschlechtern getrennt, nicht selten aber auch in demselben Geschlechte, auch wurden Individuen mit 37 und 43 Beinpaaren beobachtet. Es fragt sich nun, ist es möglich anzunehmen, dass das 39. Beinpaar (also die Schleppbeine) eines *acuminatus*

[1]) Das ist wenigstens für die *Epimorpha* jetzt als *nicht* zutreffend bekannt!

mit 39 Beinpaaren dem 39. Beinpaar eines andern Individuums mit im Ganzen 41 Beinen homolog sei? *Ich* sage *nein*, es kann nur dem 41. Beinpaar desselben homolog sein, d. h. Schleppbeine des Individuums mit 39 Beinpaaren sind den Schleppbeinen eines Individuums mit 37, 41 oder 43 Beinpaaren homolog, denn diese *zeigen eine vollkommene Uebereinstimmung in allen Theilen*, während das 39. Laufbeinpaar eines Stückes mit 41 Beinpaaren *sehr verschieden ist* von den Endbeinen eines andern mit überhaupt nur 39 Beinpaaren. Hundert andere Beispiele würden hier immer wieder genau dasselbe sagen, nämlich *Endbeine homolog den Endbeinen*. Auch kann man sich nicht vorstellen, dass aus einer sonst annähernd gleichartigen Sprossungszone plötzlich beträchtlich andersartige Beine entstehen sollten. Für *Scolopendriden* haben wir wenigstens einen Fall der Beinpaarzahl-Schwankung zu verzeichnen, indem H. Brölemann festgestellt hat, dass *Scolopendropsis bahiensis* mit 21 und 23 Beinpaaren auftreten kann, die Endbeine aber bei beiden übereinstimmen[1]). Also können auch hier nur *Endbeine den Endbeinen entsprechen*. Ist das aber einmal festgestellt, so ergiebt sich, wenn wir uns zugleich erinnern, dass ich für die Endbeine der *Scolopendriden* sowohl als auch *Geophiliden* eine ganz auffallende Uebereinstimmung in der *Praetibia* nachweisen konnte, die von keinem andern Beinpaar bekannt ist, und dass noch manche andere Charaktere die Endbeine auszeichnen, bei *Scolopendriden* z. B. die Verkümmerung des Trochanter, dass *die Endbeine aller Epimorpha* homolog sind. Die Homologie der Endbeine aller übrigen *Chilopoden* hat bei der gleichen Beinpaarzahl natürlich keinem Zweifel unterliegen können. Wenn nun auch die Endbeine der *Notostigmophora* und *Anamorpha* einerseits und der *Epimorpha* andererseits nicht in allen Theilen vollkommen *homolog* sind, so ist es doch in der Hauptsache und *den Grundzügen* der Fall, so dass wir sagen können:

Die Endbeine aller Chilopoden sind homolog.

Eine bedeutende weitere Bestätigung erhält dieser Satz dadurch, dass hinten ein ganz bestimmtes, überall unzweifelhaft charakterisirtes Segment sich an das Endbein- oder *Praegenitalsegment* anschliesst und von ihm geschützt wird, nämlich das *Genitalsegment* und auf dieses wieder in constanter Weise

[1]) Vergl. Bull. Société zoolog. de France 1897, S. 142.

das *Analsegment* oder Telson folgt, wobei zwischen ihnen noch ein mehr oder weniger deutliches, von Heymons hervorgehobenes und erklärtes Segment zu finden ist, das ich *Postgenitalsegment* nannte, da die Bezeichnung Genitalsegment schon vergeben war und bei entwickelten Formen dieses Postgenitalsegment seinen Segmentcharakter nicht mehr deutlich erkennen lässt. Wir erhalten hier mithin aufeinander folgend *vier constante Segmente, Endbeinsegment, Genitalsegment, Postgenitalsegment* und *Analsegment.* Da wir oben sahen, dass bei der Körperelongation fast immer und bei höheren Zahlen immer Segmentdoubletten auftreten, so ist es nahe liegend zu fragen, wo das unpaare Körper- oder doch Rumpfsegment steckt. Die Larvenentwickelung der *Anamorpha* giebt uns hierauf eine Antwort, die *für* meine obige Erklärung spricht und zugleich eine frühzeitige besondere Anlage der *vier constanten Endsegmente* erkennen lässt.

Bei *Lithobius* schlüpfen die Jungen nach den Angaben mehrerer Forscher (Latzel, Haase u. A.) mit sieben Beinpaaren aus dem Ei. Es folgen dann *8, 10, 12* und *15* Beinpaare führende Stadien, so dass also eine unregelmässige Beinpaarzunahme vorliegt. Immerhin handelt es sich *zweimal* um ein Hervorsprossen *zweier* Beinpaare (von 8 auf 10 und 10 auf 12) so dass die Annahme nichts Unwahrscheinliches haben kann, dass die letzte Zunahme von 12 auf 15 Beinpaare, das letzte Paar von zuwachsenden Beinpaaren betrifft und ausserdem das schon frühzeitig besonders angelegte Segment der Endbeine. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen das hintere Körperende der *Lithobius*-Larven von 10 und 12 ausgebildeten Beinpaaren, das erstere mit zwei, das letztere mit drei knospenden Beinpaaren. Beide stimmen überein im Besitz eines schon deutlich entwickelten Telson, bestehend aus einer Supraanal- und zwei Subanalplatten, übereinstimmend auch mit 5 + 5 Borsten verziert. Während sich aber hinter dem letzten der drei sprossenden Beinpaare des Thierchens mit 12 entwickelten Beinpaaren nur eine paarige grosse und dahinter eine paarige kleine Segmentanlage als Anzeichen des Genital- und Postgenitalsegmentes vorfinden, bemerkt man hinter dem letzten der beiden sprossenden Beinpaare derer mit 10 entwickelten Beinpaaren (Abbildung 1) nicht nur ebenfalls die genannten Segmentanlagen in gleicher Form, sondern ausserdem davor zwei verschiedenartige Anlagen, deren grössere vordere von unten her abgerundet

erscheint (in Abbildung 1 punktirt), während die kleinere hintere von unten als zwei dreieckige Seitentheile sich darstellt (in Abbildung 1 gestreift gezeichnet), die sich vor den Anlagen des Genitalsegmentes befinden. Es liegt auf der Hand, dass sich aus dem punktirten Abschnitt das 13. und 14. beintragende Segment und aus den gestreiften Theilen das Endbeinsegment entwickelt. Jedenfalls harmonirt mit meinen obigen Erörterungen der Umstand, dass wir bei den in Abb. 1 angegebenen Larven zwischen dem letzten sprossenden Segmente (12.) und der Anlage des Genitalsegmentes nicht eine einfache, sondern eine *doppelte* Entwickelungszone vorliegen haben. Aus den Untersuchungen von Metschnikoff an *Geophiliden*-Eiern[1]) wissen wir, dass auch in der Embryonalentwickelung ein Fortschreiten der Segmentanhangentwickelung von vorne nach hinten stattfindet, also ebenfalls eine wenn auch im Ei versteckte Sprossung. Bei den *Anamorpha* dagegen (und *Scutigera*) erfolgt diese Sprossung im Larvenleben. Ich komme durch die vorerwähnten Betrachtungen und Beobachtungen zu dem Schlusse, dass, indem bekanntlich bei den eine *Anamorphose durchmachenden Chilopoden* 1. *Kopf und Rumpf*, 2. *Sprossungszone* und 3. *Telson* auf einander folgend unterschieden werden, *die Sprossungszone aus zwei schon frühzeitig getrennten Abschnitten besteht, deren vorderer annähernd gleichartige Laufbeinsegmente erzeugt* (und die eigentliche Sprossungszone vorstellt), *während aus dem hinteren Endbein-Genital- und Postgenitalsegment, als drei sehr verschiedenartige, hervorgehen.* Diese drei Segmente als *bei allen Chilopoden konstante* können wir, zugleich mit dem Telson als *Postabdomen* dem übrigen Rumpf als *Thorakoabdomen* gegenüberstellen, womit aber keinerlei nähere Beziehungen zu andern Thiergruppen (z. B. Spinnenthieren) ausgedrückt werden sollen, von denen ein Postabdomen bekannt ist.

Der Unterschied zwischen meiner Auffassung der Rumpfsegmententstehung namentlich der hinteren Körperhälfte gegenüber der bisherigen bei den *Chilopoden* besteht also darin, dass ich *die drei vor dem Telson befindlichen Segmente als von vornherein* (einerlei ob deutlich erkennbar oder nur in latenter Bestimmungsweise) *durch eine gewisse constante (von der übrigen Sprossungszone abweichende) Körpersubstanz angelegt betrachte*, während sie bisher einfach als Rest und Ende der Sprossungszone galten. Nach

[1]) Zeitschrift für wissensch. Zoologie 1875.

dieser Meinung entstanden aus einer gewissen Zellenzone anfangs ziemlich gleichartige und später andersartige Segmente, während ich die Sache so auffasse, dass aus der Sprossungszone *nur annähernd gleichartige* Segmente entstehen, *die drei Constanten aber besonders für sich angelegt werden*, was für das *Telson* ja schon lange anerkannt ist. Ich betrachte daher *als jüngste Segmente* die beiden, welche *vor dem Endbeinsegment* liegen.

Seit einiger Zeit bin ich der Frage nachgegangen, ob und *wie weit wir die Segmente des Insektenkörpers auf diejenigen des Chilopoden-Körpers zurückführen können?*

Die vorige Betrachtung der *vier constanten Endsegmente der Chilopoden* ist wie wir sehen werden für diese Untersuchung keineswegs bedeutungslos. Mit einer grösseren Arbeit über die *Dermapteren* des Berliner Zoologischen Museums beschäftigt auf Grund vergleichend-morphologischer Studien, kam ich auf Beobachtungen, die mir für die eben ausgesprochene Frage von entscheidender Bedeutung zu sein scheinen, indem die Dermapteren verschiedene Charaktere besitzen, die sonst nur wenigen niederen Insektengruppen zukommen, z. T. aber auch überhaupt anderweitig nicht bekannt sind.

In Nr. 687 des „Zoologischen Anzeigers“ habe ich bereits im Anschluss an frühere Mittheilungen, dargelegt, dass am 8. und 9. Abdominalsegment vieler Insekten *Gonopoden* auftreten und dass an denselben der Gegensatz zwischen *Coxiten* und *Telopoditen* besonders stark zum Ausdruck kommt, was z. T. ein Grund war für irrige Anschauungen über diese Gebilde. Jetzt ergänze ich meine Behandlung dieser Fragen durch den Nachweis, dass auch das 10. Abdominalsegment echte Anhänge besitzt, welche in Coxit und Telopodit zerfallen und hiermit wird von Neuem die *Cercusfrage* angeschnitten. In mehreren Aufsätzen (z. B. Cerci und Styli der Tracheaten Entomolog. Nachrichten 1895) habe ich früher die Anschauung vertreten, dass die Cerci als die Anhänge des 10. Abdominalsegmentes zu betrachten seien. Auch in Nr. 512 des Zoolog. Anzeigers (Zur Morphologie der Segmentanhänge bei Insekten und Myriopoden) habe ich das ausgeführt, jedoch mit Rücksicht auf Beobachtungen von Heymons einige Einschränkungen daran geknüpft. Neuerdings aber sprach ich mich (über Dermapteren 2. Aufsatz, Sitz.-Ber. d. Ges. naturw. Freunde 1902, Nr. 1) sogar deutlich für Heymons Ansicht aus, „dass die Cerci zum 11. Abdominalsegment ge-

hören.“ Wenn ich jetzt entschieden zu meiner alten und ersten Anschauung, nämlich der Zugehörigkeit *der Cerci zum 10. Abdominalsegment* zurückkehre, so wird meine, theilweise unter dem Einfluss der Angaben von Heymons stehende, vorübergehende Anschliessung an seine Theorie jedenfalls beweisen, dass ich vorurtheilsfrei an diese Frage herangetreten bin. Eine ganz eingehende Untersuchung der *Dermapteren* vor allem und zwar auf Grund fast aller bekannten Gattungen, haben mich, im Zusammenhang mit vielen andern Thatsachen dazu geführt, die Heymons'sche Anschauung als unannehmbar zu finden.

Der Hinterleib der *Dermapteren besteht meistens und namentlich bei den niederen Gruppen derselben aus 12—13 Segmenten, d. h. hat manchmal noch ein Segment mehr* als bisher überhaupt von Insekten bekannt war. Das *erste* Segment enthält nur ein Tergit, keine Pleurenzipfel und kein Sternit, das 2.—9. dagegen ausser dem Tergit, das mit Pleurenzipfeln die Seiten umfasst, ein grosses Coxosternum (vergl. meinen Aufsatz in Nr. 687 des Zoolog. Anz.). Die Pleurenzipfel sind oft gar nicht gegen das übrige eigentliche Tergit abgesetzt, nicht selten jedoch durch deutliche Kanten. Selbstständige abdominale Pleuren sind aber von Dermapteren nicht bekannt geworden. Das 8. und 9. Abdominalsegment der Weibchen ist allgemein mehr oder weniger schmal und zart ausgebildet. Auch das 10. Segment besitzt ein *Pleurotergit*, hier ist es oft sogar ganz besonders gross und kräftig entwickelt, *stets in Wechselbeziehung zu den Zangen*. Ein einheitliches Coxosternum aber kommt dem 10. Abdominalsegment nicht zu, vielmehr findet sich unten, zwischen den ventralen Rändern des grossen Pleurotergit hinten ein *Paar* vollkommen *getrennter* Sklerite, welche theils plattenartig (vorn) theils hohlkörperartig (hinten) gestaltet sind und auch nach den Gattungen mancherlei Verschiedenheiten zeigen, wie aus einer anderen Arbeit mit Tafeln, die ich bald veröffentlichen zu können hoffe, im Einzelnen sich ergeben wird (vergl. aber anbei Abb. 14 *ct*). Innen zwischen diesen beiden Skleriten liegen meist noch zwei kleinere Plättchen (*a a* Abb. 14), welche bald vollkommen von den äusseren *ct* getrennt sind, bald mehr oder weniger mit ihnen zusammenhängen. Die Gebilde *ct* sind bisher entweder als „Subanalplatten“ oder als Hälften eines 10. Abdominalsternites angesehen werden, die inneren Theile *a*, *a* wurden überhaupt übersehen. Ich habe

durch den Vergleich zahlreicher Formen die Gewissheit erlangt, dass diese *beiden* Paare von Skelettstücken zum *10.* Abdominalsegment gehören, da sie nicht selten einen engen Zusammenhang aufweisen, so dass man nur ein Paar, in zwei Theile etwas abgesetzter Gebilde vor sich zu haben meint. Der *Lage* nach erscheinen die Theile *ct* ebenso als *Hüftgebilde*, wie nach ihrer mehr oder weniger *hohlkörperartigen* Gestalt und dem Besitz von *Gelenkhöckern*, welche sie mit den Zangen verbinden, alles Umstände, die bisher nicht berücksichtigt wurden. Da nun die inneren Plättchen *a a* diejenige Lage zu *ct* einnehmen, welche in typischen Fällen ein Sternit zu den Hüften einnimmt, so kann es für mich nicht mehr zweifelhaft sein, dass wir in den sogenannten *„Subanalplatten" die Coxite des 10. Abdominalsegmentes vor uns haben und in den kleineren, inneren Platten die Reste eines Sternit, also Sternithälften, so dass das 10. Abdominalsegment ventral einen wesentlich ursprünglicheren Zustand vorführt als die andern.*

Die *Zangen* oder überhaupt *Cerci* sind bisher in ihrem basalen Anschluss nicht genügend untersucht worden, geben aber interessante Aufschlüsse. Bei *Dermapteren* treten die Cerci in den beiden Haupterscheinungen auf, die diesen Gebilden allgemein zukommen, nämlich 1. Stab- oder Zangenform und 2. unechte Gliederbildung ohne Muskeln und ohne typische Gelenke.

Gegliederte Cerci wurden unter den Dermapteren aber niemals bei *Imagines*, sondern immer nur bei *Larven* beobachtet, das trifft auch für die neuen Fälle zu, welche ich von den *Karschielliden* anführen will. Bisher galten nur die Larven von *Diplatys* für Besitzer vielgliedriger Cerci, welche bekanntlich als „Dyscritina" beschrieben wurden. Ich habe aber ähnliche vielgliedrige Cerci auch bei den Larven von *Bormansia*[1]) (vgl. 1902 Nr. 687

[1]) Auf Seite 295 des Zoolog. Anzeigers 1903 behauptet Börner ich hätte die Eingliedrigkeit der Cerci „benutzt, um die grosse Kluft zwischen *Dermapteren* und *Orthopteren* s. str. weiter zu begründen" und erklärt „der Unterschied in der Gliederung der Cerci beider Gruppen ist ganz irrelevant." Das Erstere ist eine unvollständige Angabe, indem ich auch das Gestaltliche betont habe, übrigens die ohnehin grosse Kluft dieser beiden Ordnungen *dieses* Unterscheidungsmerkmals nicht weiter bedarf. Es handelt sich aber doch auch noch um die andern Ordnungen. Die letztere Behauptung Börner's ist nur dadurch zu erklären, dass ihm die Dermapteren wenig bekannt sind. Thatsächlich ist jedes Dermapteron an den Zangen oder zangenähnlichen Stäben im entwickelten Zustande sicher zu erkennen. Der Hinweis auf die Larven ist aber demjenigen gegenüber, der selbst solche Larven neu beschrieb und zwar zum ersten Male solche für *mehrere* Gattungen feststellen konnte, etwas komisch.

des Zoolog. Anzeigers) und *Karschiella* beobachtet, wobei ich leider die Zahl der Glieder nicht angeben kann, da alle vorliegenden Stücke des Berliner zoologischen Museums die Cerci mehr oder weniger abgebrochen zeigen, doch kann ich wenigstens mittheilen, dass sie bei den Larven von *Karschiella* weit über Körperlänge ausmachen. Abb. 15 und 16 zeigen einen (abgebrochenen) *Cercus* einer kleinen *Karschiella*-Larve aus Togo, welcher *15* Glieder von länglicher Gestalt deutlich erkennen lässt und als solcher 11½ mm Länge aufweist. (Bei einer sehr ähnlichen noch jüngeren Larve, deren Hinterleib kaum 2 mm lang ist, betragen die abgebrochenen Cerci 3½ mm Länge.) Das Grundglied ist bei weitem das grösste und enthält ausserdem eine lange, *schlauchartige*, mehrfach gewundene *Drüse*, welche in einem schmalen, nahe am Grunde liegenden Spalt, in welchem sich etwas körniges Gerinnsel befindet, ausmündet. Es liegt mir ferner ein älteres Larvenstadium vor von *Bormansia africana* Verh., welches sich offenbar vor dem Nymphenstadium befindet und sehr schön den Uebergang des vorher geschilderten Zustandes zu dem der ungegliederten Zangen vorführt, indem hier bei den 8½ mm langen (aber abgebrochenen) Cerci (Abb. 12) das Grundglied im Verhältniss zu den andern an Grösse und Dicke beträchtlich zugenommen hat, die andern Glieder aber nicht nur viel kürzer und gedrungener sind, sondern die ersten hinter dem Grundglied auch nicht mehr so deutlich abgesetzt, so dass sie nur noch dadurch zum Ausdruck kommen, dass zwischen ihnen sich Ringe von hellerem und etwas schwächerem Chitin finden, die übrigens auch theilweise etwas unregelmässig verlaufen (Abb. 13). Dies ist überhaupt schon ein Uebergang zu dem bei den Cerci der erwachsenen *Hemimerus talpoides* Walker. vorkommenden Zustand, der von einer Gliederung nicht mehr wohl zu sprechen gestattet. Die weiteren Glieder dieser *Bormansia*-Cerci werden wieder etwas länger und deutlicher abgesetzt. Innen befinden sich übrigens eine Anzahl zähnchenartiger Zapfen (Abb. 13), welche an der ganzen Innenkante des Grundgliedes auftreten (Abb. 12) und noch an mehreren der kleinen Glieder. Es sind das schon die Zähnchen, welche sich an den Zangen der Erwachsenen von *Bormansia* vorfinden, dort aber fast bis zur Spitze reichen. Es geht aus dem Gesagten hervor, dass sich bei denjenigen *Dermapteren, deren Larven gegliederte Cerci besitzen, die Zangen hauptsächlich aus dem Grundgliede* derselben entwickeln,

während von den übrigen Gliedern nur ein Theil durch Verwachsung die Zangen-Spitze liefert, die Mehrzahl aber abgeworfen wird.

Die Zangen sind aber trotzdem ebenso ursprünglich oder nicht ursprünglich wie die gegliederten Cerci. Denn wenn einerseits ein Theil der Cercusglieder sich auf Urglieder beziehen mag, so ist das doch, bei der fehlenden Muskulatur, nicht mehr nachweisbar, während andererseits die Zangen einen zweifellos ursprünglichen *Gelenkknopf* besitzen, durch den sie mit dem oben geschilderten Coxit des 10. Abdominalsegmentes zusammenhängen. Die Cerci sind also in ihrer *larvalen Viel-Gliederung* jedenfalls eine *Anpassungs-Erscheinung*, ein Paar fühlerartiger Gebilde zu einer Zeit wo Zangen wegen ihrer Kleinheit und Schwäche noch keine Bedeutung haben könnten. Die *Zangen* gehen auch von Form zu Form *ganz allmählich* in *Taststäbe*, wie sie *Hemimerus* besitzt, über und junge Larven von *Forficula* machen keine Kneifbewegungen, halten vielmehr die Zangenstäbe schräg nach oben auseinander.

Die Zangen zeigen an ihrem Grunde bei den meisten Dermapteren drei Gelenkknöpfe, von phylogenetisch verschiedenem Alter. Zwei derselben sind innere *Anschluss-Gelenkknöpfe*, d. h. dieselben schliessen sich an Träger der Zangen an, der dritte aber ist ein äusserlicher, indem er mit einem weiter abliegenden Körpertheil besteht.

Dieser letzte Gelenkknopf ist der *innere*. Er besteht darin, dass ein *Gelenkhöcker* innen am Zangengrunde in eine Grube greift, welche sich hinter und unter dem als Pygidium bekannten Gebilde befindet an einem in Abb. 10 mit *Mpy* bezeichneten Sklerit hinter dem Höcker *h* bei *y* und auf welches ich weiterhin zurückkomme. Ein zweiter Gelenkknopf wird gebildet durch eine *Grube unten* und *aussen* an der Zange, in welche ein Höcker greift, der sich hinten an der Ecke des Coxit befindet (Coxotelopoditgelenk); der *dritte* endlich zeigt einen *Gelenkzapfen* und daneben zugleich eine *Gelenkgrube oben* und *aussen* an der Zange, entsprechend Grube und Zapfen aussen am Hinterrand des 10. Abdominaltergit. Im Einzelnen unterliegen aber diese Gelenkknöpfe nach Arten und Gattungen mancherlei Verschiedenheiten, bisweilen sind sie auch weniger auffällig (Abb. 14), doch lassen sich *allgemein die drei Stützpunkte bei Dermapteren nachweisen, zwei äussere als Scharniergelenk, ein innerer als Widerlagergelenk.* Dieses innere

Gelenk ist als *tertiäres* ganz ohne Frage, schon weil es ein äusserliches ist in Verbindung mit einem *nicht* unmittelbar benachbarten Körpertheil. Das Secundäre haben wir in dem Gelenkknopf mit dem Tergit, denn Tergite haben in typischen Fällen keine Gelenkverbindung mit Segmentanhängen. Diese am 10. Abdominalsegment kann also nur entstanden sein, indem das Coxit sowohl als auch Telopodit eine gewisse Umgestaltung und Verschiebung erfuhr. Der *primäre, ursprüngliche Gelenkknopf* ist also der zwischen Coxit und Zange. Deutet dies schon auf eine innige Zusammengehörigkeit dieser beiden Theile im Sinne von Coxit und Telopodit, so werden die weiter zu erörternden Muskeln das ganz unzweifelhaft machen. *Beide Gelenkknöpfe des Scharniergelenkes aber weisen auf die segmentale Zusammengehörigkeit von 10. Pleurotergit, Coxiten und Cerci.*

Hinter dem 10. Pleurotergit kannte man bisher bei *Dermapteren* zwei Segmente, das 11. welches vom Pygidium dargestellt wird und das 12. oder Telson, welches auch Supraanalplatte genannt wird. Meine ersten Dermapteren-Studien befanden sich auch noch auf diesem Status, wie er durch eine ganze Reihe von Forschern vertreten ist, nachdem früher auch diese beiden Theile, 11. und 12. Segment, nicht unterschieden waren. Inzwischen konnte ich aber bei zahlreichen *Dermapteren drei Segmente* hinter dem 10. abdominalen feststellen. Ich unterscheide dieselben (Abb. 10) als

1. *Pygidium Py,*
2. *Metapygidium Mpy* } ***Opisthomeren.***
3. *Supraanalstück oder Telson A.*

Zahlreiche hierauf bezügliche weitere Abbildungen wird eine spätere Arbeit bringen, welche auch die grosse systematisch-phylogenetische Bedeutung dieser Gebilde belegen wird.

Vorläufig Folgendes: Bei den *Diplatyiden* und *Pyragra* sind die drei Endsegmente, die ich gemeinsam als *Opisthomeren* bezeichne, sehr deutlich gegen einander abgesetzt, bei *Pyragra* besteht ein *Gelenk* nicht nur zwischen Pygidium und Metapygidium, sondern auch zwischen diesem und dem Telson. Bei den *Diplatyiden*, z. B. *Diplatys* ist die Trennung der *Opisthomeren* ebenfalls sehr deutlich, Pygidium und Metapydium ziemlich länglich und gelenkig gegen einander beweglich, stechen äusserlich schon bedeutend ab von dem *tellerartigen* Supraanalstück, sind aber auch gegen

dieses beweglich. Wir kommen dann zu andern Formen, wie *Pygidicrana* (Abb. 10), wo die drei Stücke zwar auch deutlich erkennbar sind, bei Larven sowohl als auch Imagines, aber nur Pygidium und Metapygidium gegen einander beweglich. Gegen das Letztere ist das Telson *A* nicht mehr beweglich, aber diese beiden Theile sind gleichwohl sofort zu erkennen daran, dass sie durch eine Naht und Grube *y* gegen einander abgesetzt sind und auch eine verschiedene Consistenz und Verzierung aufweisen. Das Metapygidium ist arm an Poren und Borsten, während das Analstück reichlich mit Tastborsten versehen ist. Diesen Structurunterschied kann man bei zahlreichen andern abgeleiteteren Formen noch verfolgen. Bei den weiteren *derivaten Formen lässt sich leicht feststellen, dass das Metapygidium mehr und mehr verschwindet*, bei *Forficula auricularia* z. B. ist es bei den *Imagines* nur durch Vergleich mit anderen Formen erkennbar, bei *jüngeren Larven* dagegen (Abb. 9) sind die drei Opisthomeren leicht erkennbar und auch das Metapygidium scharf abgesetzt. Das Analstück tritt aber ebenfalls im Stammbaum der Dermapteren nach oben hin zurück, namentlich bei den *Monandria*, aber auch bei verschiedenen *Diandria*; besonders schwach ist es bei *Leptisolabis*. Das *Pygidium dagegen ist ausnahmslos gut entwickelt*, selbst bei *Hemimerus* ♂ und ♀ (Abb. 14). Bei *Hemimerus* ist auch das Analstück mit dem Pygidium verwachsen. Es lässt sich zwar vermuthen, dass der Theil *x x* dieses Telson darstellt, aber wir finden keine Spur mehr, welche das anzeigt. *Hemimerus* ist überhaupt eine der derivatesten Dermapteren-Formen, harmonirend mit seiner Lebensweise.[1])

Bei zahlreichen *Dermapteren*, namentlich den echten Forficuliden, wo das Pygidium stark entwickelt ist und Metapygidium nebst Telson zurücktreten, bildet das *Pygidium* in seiner Mitte einen mehr oder weniger *langen Fortsatz*. Denken wir uns diesen Fortsatz secundär in Glieder getheilt, so erhalten wir das *Terminalfilum* verschiedener anderer Insektengruppen. Die *Opisthomeren* sind stets mehr oder weniger senkrecht am Hinterleibsende gegen das 10. Segment eingeschlagen oder auch eingekrümmt, wenn das Pygidium sich mehr herauswölbt. Der After liegt stets topographisch *vor* dem Analstück (*An* Abb. 11), was jedoch nicht im vergleichend-morpho-

[1]) Auf einige sonstige derivate Charaktere komme ich an anderer Stelle zurück.

logischen Sinne zu nehmen ist, denn er liegt dann *hinter* demselben. Die scheinbare Afterlage vor dem Telson erklärt sich durch die Herabkrümmung oder gar Einbiegung der *Opisthomeren*. Dieselben enthalten *nur ein Tergit*, da sie ganz zwischen den Zangen eingekeilt sind, so dass zur Entwickelung von Pleurentheilen kein Platz übrig bleibt. Durch die Einkrümmung sind aber auch die Sternite überflüssig geworden. Der vergleichend-morphologische Charakter der Opisthomeren-Segmente zeigt also eine gewisse Aehnlichkeit mit dem des 1. Abdominalsegmentes.

Am Grunde der Zangen bemerkt man bei vielen Dermapteren ein schmales, ringartiges Glied (*arl* Abb. 10 u. 14), welches aber sehr geringen Antheil an der Oberfläche hat und auch keine Tastborsten besitzt. Es nähert sich etwas der Dreieckgestalt, im Zusammenhang mit dem meist dreieckigen Querschnitt der Zangen in ihrer Grundgegend und dem Vorhandensein der drei geschilderten Gelenkknöpfe. Innen ist dieses Glied, welches ich *Cercus-Ring* (oder *Arkulus*) nenne, von einer blassen, fein auslaufenden Lamelle *a* gebildet, während der Aussenrand namentlich innen immer dunkler ist und verdickt. Hier innen kommt auch bisweilen, z. B. bei Pygidicrana (Abb. 10) eine Gelenkgrube vor und eine vorspringende Kante daneben, womit der grosse Gelenkhöcker *h* umfasst wird, der sich so häufig hinten am Metapygidium vorfindet. Dieser Gelenkknopf zwischen dem Letzteren und dem Arkulus ist eine *Verstärkung* des äusserlichen *tertiären* Gelenkknopfes zwischen Zange und Opisthomeren. Der Arkulus ist aber nicht immer so scharf ausgeprägt wie das der Fall in Abb. 10 vorführt, denn er ist manchmal nicht nur schwächer und blasser, sondern auch gegen das Opisthomeren-Ende oder gegen die Zange weniger scharf abgesetzt. Nach seiner Lage zwischen Coxit und Telopodit können wir *den Arkulus als einen umgebildeten Trochanter der Cerci betrachten*, an den sich von innen mehrere kräftige Muskeln heften (bei *a* und *b* Abb. 10), welche zur Bewegung der Zangen dienen, denn wenn der Arkulus bewegt wird, bewegen sich die Zangen mit. — In physiologischer Hinsicht erscheint der *Arkulus* als ein *Gelenkrahmen für die Zange* der die Gelenkhaut verstärkt und schützt *und zugleich eine Feder*, welche verhindert, dass die Zange eine zu weite Innenbewegung macht.

Das bisher Erörterte zeigte schon *den Zusammenhang der Zangen*

mit dem 10. Abdominalsegment. Bedeutend verstärkt wird dieser Eindruck durch die Muskulatur, denn fast alle die Zangen bewegenden *Muskeln* gehen, wie Abb. 11 zeigt, vom 10. Segment aus. Zwei starke am Vorderrande des 10. Tergit ausgebreitete Muskeln m^3 und m^4 bewegen die Zangen nach innen, ebenso der vom Pleuralgebiet ausgehende Muskel m^5. Aussen an den Grund der Zangen aber setzt sich der sie nach aussen bewegende, in dem Pleuralgebiet ausgebreitete Muskel m^6. Zwei kleine andere Muskeln, von denen der vordere m dem 10. Tergit, der hintere m^1 dem Pygidium angehört, bewegen die Zangen ebenfalls nach aussen. Alle diese Muskeln, mit Ausnahme des kleinen m^1 verbinden die Zangen mit dem 10. Abdominalsegment, so dass also auch die *Muskulatur* ganz entschieden dafür spricht, dass *die Cerci die Anhänge des 10. Abdominalsegmentes sind.* — Die *Coxite*, welche vom Pleurotergit um so weniger abgesetzt sind je derivater die betreffende Gattung ist, sind selbst bei der schon sehr abgewichenen Gattung *Forficula* noch durch einen Muskel m^2 mit dem Pleurotergit verbunden, entsprechend den Fällen typischer Beinsegmente, wo ebenfalls zwischen Pleuren und Hüften eine Muskelverbindung besteht. Dagegen habe ich zwischen Coxiten und Telopoditen keine Muskelverbindung beobachtet, kann aber jetzt schon hervorheben, dass bei *Japyx*, wo am 10. Abdominalsegment ein Coxosternum ausgebildet ist, auch von diesem Muskeln an die Zangen gehen. Vergleichen wir nun die Zangenmuskeln der *Dermapteren* mit den von mir erörterten Beinmuskeln[1]). der Chilopoden — die Hinterleibsanhänge der Insekten weisen nämlich unter allen Umständen auf vielfüssige Vorfahren hin — so folgt, dass *die Zangenmuskeln zum Theil Rumpfbrückenmuskeln homolog sind,* während die dorsalen noch keine befriedigende Erklärung finden, vielleicht aber eine Eigenthümlichkeit dieses Segmentes sind.

Indem die Rumpfbrückenmuskeln sich besonders stark ausbildeten, konnte die muskulöse Verbindung mit den zur Seite gedrängten Coxiten entbehrt werden.

Ich gehe jetzt über zu den mit den Dermapteren im Besitz von *Zangen* übereinstimmenden *Dicellura* (Japygiden). F. Silvestri hat in

[1]) Vergl. über Tracheaten-Beine vierter und fünfter Aufsatz, 1903, Nova Acta der Akademie Deutscher Naturforscher.

neuerer Zeit mehrfach über sog. „Projapygiden“ geschrieben, z. B. 1903 in einer „Descrizione di un nuovo genere di Projapygidae“ Portici.

Diese Familie *existirt meiner Ueberzeugung nach gar nicht, sondern es handelt sich um die jüngsten Larvenformen von Japyx!*

Die *Japygiden* machen nämlich eine larvale Entwickelung durch, welche namentlich hinsichtlich der *Cerci* in den Grundzügen mit der oben von Dermapteren geschilderten übereinstimmt, d. h. die jüngsten Larvenformen haben gegliederte Cerci, wie anbei Abb. 17 zeigt, dann kommen Formen mit ebenfalls gegliederten Cerci, die aber schon die ersten Zähnchen der späteren Zangen erkennen lassen (von Silvestri für Männchen gehalten, vergl. Abb. 13 in seinen „Materiali per lo studio dei Tisanuri“ Bull. societa entomol. ital. 1901), also ähnlich der *Bormansia*-Larve zu welcher meine Abb. 12 und 13 gehören. Wie bei den Dermapteren-Larven die *Opisthomeren* manchmal etwas deutlicher von einander abgesetzt sind als bei den Imagines, so lässt auch die *Japyx*-Larve, welche Silvestri als „Projapyx stylifer“ beschrieben hat (nach seiner Abb. 15), ein deutliches *Pygidium* erkennen (bezw. *Pygidiotelson*), während den erwachsenen *Japyx* ein solches ganz fehlt oder doch nur als ein Lappen angedeutet ist, welcher sich am Hinterrande des 10. Abdominaltergit in der Mitte befindet. (Vergl. meine Abb. 7a und 8). Die *Japyx* machen eine *Fühler-Anamorphose* durch, weshalb natürlich auch die Verwendung der Zahl der Antennenglieder um so vorsichtiger geschehen muss, je weniger leicht man die Reifethiere als solche erkennen kann. Die *Projagygiden* haben aber gerade jene niederen Zahl von Fühlergliedern, wie sie von solchen jungen *Japyx*-Larven zu erwarten ist; für „*Projapyx*“ zeichnet Silvestri ebenso wie für *Anajapyx 24* Antennenglieder. *Japyx solifugus* Hal. dagegen hat 25—32, *J. bidentatus* Schäff. 32, *J. megalocerus* Silv. 50 und *J. tunisius* Silv. 40—42 Antennenglieder. Ich selbst fand bei zangentragenden Larven von *Japyx africanus* 31, bei Erwachsenen 47 Antennenglieder. Bei *Japyx* stehen überhaupt die Körpergrösse und *Fühlergliederzahl* in einem bestimmten Verhältniss, indem die Letztere *um so höher ist* je grösser die betreffende Form. — Wenn auch Silvestri, wie schon mehrfach bei Diplopoden so auch hier höchst wahrscheinlich eine unberechtigte Familie aufgestellt hat, so ist es doch jedenfalls *dankenswerth*, dass er uns diese jüngsten *Japygiden*-Larven mit

gegliederten Cerci beschrieben hat. Sie enthalten nach ihm eine Drüse, die aber nicht wie bei der oben geschilderten Karschiella-Larve am *Grunde* sondern am *Ende* der Cerci ausmündet. — Die *Opisthomeren* der *Japygiden* sind bis auf die schon erwähnten Spuren verschwunden.

Die *Zangen* von *Japyx* besitzen demgemäss auch nur *zwei Gelenkknöpfe*, indem der innere fehlt und fehlen muss. Es besteht das genannte *Scharniergelenk* in übrigens *mit den Dermapteren übereinstimmender Weise*, da sowohl oben als unten seitwärts am 10. Abdominalring sich ein Höcker befindet (Abb. 4, 7 und 8), der in eine entsprechende Grube greift, die sich aussen am Grunde der Zangen befindet. Der obere Gelenkhöcker steht einem dicken Wulst der Zange gegenüber, in dem sich nicht nur eine Grube, sondern weiter vorn auch ein Höcker *oG* befindet. Ein bedeutender Unterschied zwischen *Japyx* und den *Dermapteren* besteht darin, dass am 10. Abdominalsegment ein geschlossenes einheitliches Coxosternum ausgebildet ist und dieses auch mit dem Pleurotergit verwuchs zu einem vollständigen abgeplatteten Ring, den ich **Cyclomer** nennen will. Das *Cyclomer* ist ohne Frage eine secundäre Erscheinung. Die Pleuren sind immerhin oben durch eine fast in der Richtung der oberen Gelenkknöpfe liegende Kantennaht (*k* Abb. 7) und eine andere etwas kürzere untere begrenzt, welche ebenfalls ungefähr in der Richtung der unteren Gelenkknöpfe zieht. Der Vorderrand des coxosternalen Theiles wölbt sich in der Mitte etwas empor. *Sämmtliche die Zangen versorgenden Muskeln breiten sich an den Wänden des Cyclomer aus*, theils im coxosternalen, theils im pleuralen, theils im dorsalen Gebiet (Abb. 3), die von dem Pleurengebiet kommenden kleinen Muskeln ziehen die Zangen nach aussen. Das Cyclomer ist so angefüllt von den starken Muskelbündeln, dass man auf einem Querschnitt nur einen verhältlich schmalen Enddarmkanal trifft. *Japyx* zeigt also *die Zugehörigkeit der Cerci zum 10. Abdominalsegment* — (wie sie auch Grassi in seinen „Progenitori" kurz aussprach — ebenso deutlich wie die Dermapteren und auch die Reste der verkümmerten Opisthomeren weisen darauf hin, dass eine Zugehörigkeit zum 11. Abdominalsegment überhaupt ausgeschlossen ist. Die sieben vorderen Abdominalsegmente besitzen je ein Paar Styli hinten am Coxosternum, nicht aber das 8.—10. Segment. Das 8. und 9. Abdominalsegment von *Japyx* (Abb. 5) waren bisher überhaupt nicht gebührend ge-

klärt. Erich Haase der in den „Abdominalanhängen der Insekten“ 1889 eine hübsche Abbildung von *Japyx gigas* lieferte, hat das 9. Abdominalsegment nur durch zwei schmale Dreiecke (XII) angegeben, was daher rührt, dass dieses Segment bisweilen ziemlich stark in das 8. eingestülpt liegt, wie auch meine Abb. 3 erkennen lässt. (Silvestri giebt aber das 9. Segment bei „Projapyx“, also bei jungen Larven, als ganz freiliegend an.) Das 8. Segment enthält ein quer rechteckiges Coxosternum, das durch starke Nahtleisten sehr deutlich gegen das Pleurotergit abgesetzt ist. Gleichzeitig haben sich noch coxale Muskeln erhalten, von denen einer bis an die Leiste geht m^1, der andere darüber hinaus m an das Coxosternum Longitudinalmuskeln m^4 ziehen an das 9. Segment. Dieses klafft unten offen, indem zwischen den nach innen abgerundeten, schrägen Coxiten die Geschlechtsorgane über dem kleinen Sternit münden. Die Mündung wird geschützt (*x* Abb. 5) durch ein nach den Arten verschieden grosses Sternit (Abb. 8a *V*), welches bei *J. novaezeelandiae* reichlich beborstet ist und theilweise oberhalb der Coxite liegt. Ausserdem umgeben die Geschlechtsöffnung mehrere beborstete Wülste, zwei untere *a a*, und ein dreieckig vorragender oberer, während bei *J. africanus* das 9. Sternit und die Wülste merklich schwächer sind (Abb. 6a, b). Vorne befindet sich an den Coxiten eine Leiste *L*, deren äussere Verbreiterung abgesetzt ist von einem weiter aussen liegenden Knoten. Sonst ist keine Trennung von Coxiten und Pleurotergit zu verzeichnen, doch geht ein Muskel m^3 von der Hinterecke zur Coxitleiste *L*. Das 10. Abdominalsegment ist dorsalwärts an mehreren Longitudinalmuskeln befestigt, welche vom 8. Segment ausgehen (m^6 u. m^7), einer auch vom 7. (m^2). An Macerationspräparaten lässt sich leicht feststellen, dass innen an den Zangen die Sehnen mehrerer Muskeln befestigt sind (*s s* Abb. 4 und 7). Einen Arkulus wie bei Dermapteren habe ich nicht beobachtet, wohl aber zwei gebogene Wülste innen am Grunde der Zangen, welche dieselbe physiologische Bedeutung haben *w*. Diese *Grundbügel* stossen in der Mediane an einander und verhindern ebenfalls eine zu starke Einwärtsbiegung der Zangen. (Auf zwei neue Japyx-Arten komme ich weiterhin zurück.)

Nach dieser Erörterung der Verhältnisse bei *Japygiden* und *Dermapteren*, die mit vollster Deutlichkeit auf die Zugehörigkeit der Cerci zum

10. Abdominalsegment hinweisen, komme ich auf einige frühere Mittheilungen von R. Heymons zurück.

In seiner Arbeit über „die Segmentirung des Insektenkörpers" Berlin 1895 hat er für *Forficula* folgende Hinterleibsformeln angegeben:

Primär angelegt:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(11)	*A*
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(11?)	*A*

(Die Tergite sind oben, die Sternite unten verzeichnet.)

Das heisst also mit andern Worten, dass 10 Abdominalsegmente oben und unten angelegt werden, ausserdem ein Afterstück, ein 11. Segment aber „nicht als distinkt".

Embryo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	*A*
	(1)	2	3	4	5	6	7	8	9	(10)	*A*
Larve:	(1)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	*A*
	—	2	3	4	5	6	7	8	9		*A*

Heymons hat am Telson also einen ventralen und einen dorsalen Theil unterschieden und es ist auch ganz klar, was er damit gemeint hat. Ich kann dem aber nur in Bezug auf den *dorsalen* Theil beistimmen. In seiner hübschen Arbeit über „die Embryonalentwickelung von Dermapteren und Orthopteren" Juni 1895 hat Heymons ebenfalls *Forficula* behandelt. Ich finde darin aber keine deutliche Angabe, dass das was beim Embryo als *A* ventral primär angelegt wird, wirklich dasselbe ist wie das was er bei Larve und Imago ebenso genannt hat. Vor allem aber muss es auffallen, dass Heymons die Zangen dem 11. Abdominalsegment zuspricht, während er die Existenz eines solchen *selbst* als fragwürdig bezeichnet. Dem gegenüber muss ich betonen, dass ein solches *11. Abdominalsegment (Pygidium) zwar bei allen Dermapteren nachweisbar ist, dass aber eine Heranziehung der Cerci zu demselben auf das Entschiedenste in Abrede zu stellen ist.*

Die Cerci gehören (wie ich oben ausgeführt habe) *zum 10. Adominalsegment und gliedern sich ebenso scharf wie die beiden Paare der Genitalanhänge in Coxite und Telopodite.*

Durch die bei manchen Insekten-Embryonen schräge Lage der Anlagen von Coxiten und Telopoditen zu einander entstand die irrthümliche Vorstellung (analog den sog. „lateralen Gonapophysen") als handle es sich um die Knospen zweier verschiedener Segmentgebilde. (Vergl. z. B. im Mor-

pholog. Jahrbuch „Zur Morphologie der Abdominalanhänge bei den Insekten", 1896 die Abb. 2 in Heymons Arbeit.)

Man beachte auch bei den Larven von *Lithobius* anbei in Abb. 1 und 2 die deutliche Absetzung der Beinknospen in Coxite und Telopodite.

Dass Heymons Annahme der Verwachsung des 1. Abdominaltergit mit dem Thorax *nicht* zutrifft, kann ich heute für die gesammten Dermaptera feststellen. Es soll ferner nach ihm bei den Larven und Imagines das 10. Sternit fehlen. Für *Forficula* kann das auch als richtig gelten. Es giebt aber genug *Dermapteren*, bei welchen diese Stände ein deutliches, zweitheiliges 10. Sternit besitzen, wie anbei von *Hemimerus* in Abb. 14 *a a* ersichtlich. Meine Abdominalformeln der Dermapteren in Nr. 1 und Nr. 4 der Sitzungsberichte der Gesellsch. naturf. Fr. 1902 zeigen eine Vervollständigung gegenüber denen von Brunner v. Wattenwyl, Saussure, Heymons u. a., aber das Metapygidium habe ich damals auch noch nicht erkannt, zumal ich die in dieser Hinsicht wichtigsten Formen noch nicht genauer untersucht hatte. Das Metapygidium ist aber, wie gesagt, selbst an den Larven von *Forficula* noch deutlich erkennbar (Abb. 9 *Mpy*).

Ich gebe jetzt für das Abdomen der Dermapteren als Beispiele folgende Formeln:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
T	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt	T	T	T	♂
—	Cos	Cos	Cos	Cos	Cos	Cos	Cos	Cos	Ct+S	—	—	—	*Pygidicrana*
							Ag	Ag	Ag				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
T	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt	[Pt]	[Pt]	Pt	T	T	T	♀
—	Cos	Cos	Cos	Cos	Cos	Cos	Ct	Ct	Ct+S	—	—	—	*Pygidicrana*
							Ag	Ag	Ag				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
T	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt	T	[T]	T	♂
—	Cos	Cos	Cos	Cos	Cos	Cos	Cos	Cos	Ct	—	—	—	*Forficula*
							Ag	Ag	Ag				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
T	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt	[Pt]	[Pt]	Pt	T	[T]	T	♀
—	Cos	Cos	Cos	Cos	Cos	Cos	Ct	Ct	Ct				*Forficula*
							—	—	Ag				

Die Zahlen geben die 13 Abdominalsegmente an, T bedeutet Tergit, Pt Pleurotergit, Cos Coxosternum, Ct Coxit, S echtes Sternum, Ag Telopodit der Segmentanhänge.

Es ergiebt sich also aus der zweiten Formel, dass die Pygidicraniden (auch Echinosoma) Ovipositoren besitzen, worauf ich schon kurz hinwies und in einer späteren Arbeit eingehend zurückkomme. Bei den meisten Dermapteren sind die Ovipositoren mehr oder weniger verkümmert, nicht selten auch vollkommen rückgebildet.

Ich kann hier nicht auf alle die Mittheilungen zurückkommen, die ich in einer Reihe von Schriften zur Frage der Hinterleibsanhänge gemacht habe, mit Rücksicht auf mehrere Insektenordnungen. Ich glaube aber jetzt zur Genüge gezeigt zu haben, dass wir es *am Hinterleibe zahlreicher ursprünglicher Insekten mit drei Paar mehr oder weniger entwickelter, echter Segmentanhänge zu thun haben, welche dem 8., 9. und 10. Hinterleibssegment angehören.*

Dass von diesen das hinterste Paar, die Cerci, bei der individuellen Entwickelung wesentlich vorauseilt, findet seine vollgültige Erklärung in den *Lebensverhältnissen*, d. h. die Cerci als *Tastorgane* sind bereits den jungen Lärvchen von Nutzen, während Genitalanhänge für dieselben vollkommen zwecklos wären, übrigens ganz *entsprechend den Verhältnissen bei sämmtlichen einschlägigen Myriopoden* und harmonirend mit dem über die Sprossungszone Gesagten.

Eingangs dieser Untersuchungen habe ich auf die *vier constanten Segmente* am *Hinterende der Chilopoden* hingewiesen. Indem ich meine Betrachtungen über Segmenthomologie bei Insekten und Chilopoden fortsetzte, musste ich bald finden, dass uns die geschilderten Hinterleiber der *Dermapteren* einen erstaunlichen Anklang an die Chilopoden zeigen. Wie bei diesen das Praegenitalsegment durch seine besonders kräftigen Anhänge auffällt, so auch bei den Dermapteren das 10. Abdominalsegment und wie bei diesen weiterhin die drei kleinen Opisthomeren folgen, so kommen auch bei den *Chilopoden* hinter dem Endbeinsegment drei auffallend kleinere Segmente vor. Bei *Scolopendriden*, namentlich *Opisthemega* und *Plutonium* können wir sogar ganz erstaunlich weit an das 10. Abdominalsegment der Dermapteren und Dicelluren sich anschliessende Verhältnisse finden, indem

die Hüften dort gerade wie bei Dermapteren theilweise plattenartig geworden sind, auch eine andere Ausgestaltung wie bei gewöhnlichen Rumpfsegmenten aufweisen und *stark an den Stamm des Segmentes sich herandrängen.* Die Endbeine besitzen *sogar denselben Gelenkknopf zwischen Hüfte und Telopodit,* den ich oben als den *primären* der *Dermapteren-Zangen* geschildert habe. Die Uebereinstimmung geht aber noch weiter, indem die *Endbeine gerade wie die Zangen sich nach hinten gewendet haben und hier, vermittelst des inneren Telopoditgrundes, in direkte Berührung mit dem Tergit kommen,* wobei dann, z. B. bei *Scolopendra,* eine faltige Gelenkhaut zwischen Telopodit innen und dem Tergit hinten aussen besteht. Die äussere Gestalt der ebenfalls *kneipenden Endbeine* jener beiden *Scolopendriden*-Gattungen erinnert auch schon stark an die der Dermapteren-Zangen. Denken wir uns nun Gliederung und Muskulatur der Telopodite rückgebildet, zumal diese Dinge [analog den Mandibeln] für starke Zangen doch keinen Werth mehr haben, so erhalten wir diejenige Vorläuferform des 10. Abdominalsegmentes, welche auch theoretisch kaum besser erdacht werden könnte. Durch Verkümmerung der Muskulatur aber *Vermehrung* der Glieder mussten die vielgliedrigen Cercus-Telopodite entstehen.

Da ich nun ferner oben gezeigt habe, dass bei *Chilopoden* die Entstehungszone für neue Rumpfsegmente nicht vor dem Telson, sondern latent *vor dem Endbeinsegment* liegt, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass *die vier Endsegmente der Chilopoden den vier Endsegmenten der Dermapteren homolog sind,* also

Chilopoda	*Analsegment*	=	*Analstück*	Dermaptera
	Postgenitalsegment	=	*Metapygidium*	
	Genitalsegment	=	*Pygidium*	
	Endbeinsegment	=	*Zangensegment* (10. Abdominalsegment)	

Wir wissen, dass innerhalb der *Hexapoden* eine Verlegung der Genitalöffnung von hinten etwas weiter nach vorne (hinter dem 9. bis hinter das 8. oder gar 7. Abdominalsegment) festgestellt worden ist. Es kann daher nichts Wunderbares haben, dass bei den Chilopoden die Genitalöffnung noch weiter nach hinten zu liegt. Im Gegentheil, diese Verschiedenheiten sind geeignet uns die von Wheeler gemachte Entdeckung der *Terminalampullen* der Geschlechtswege, hinten und unten am 10. Abdominalsegment,

welche Heymons mehrfach bestätigte und die bisher in ihrer Bedeutung räthselhaft waren, verständlich zu machen, indem diese Mündungsstellen auf den (von den *Chilopoden* vertretenen) Zustand hinweisen, in welchem die Genitalöffnungen weiter hinten am Körper lagen als es jetzt von *Hexapoden* bekannt ist. Diese Terminalampullen, als biogenetische Erscheinung, liegen *so weit nach hinten* als es der Raum in den grösseren Segmenten gestattet. Das Vorrücken der Genitalöffnung bei den Insekten erklärt uns aber auch, weshalb das 10. Abdominalsternit bei *Dermapteren*, soweit es nicht ganz fehlt, immer zweitheilig ist. Die Genitalöffnung ist im Laufe der phyletischen Entwickelung in der ventralen Mediane nach vorn durchgewandert.

Ich habe in meiner Arbeit über den Thorax der Insekten Nova Acta, Halle 1902 u. a. auf den Mikrothorax der Insekten als das Homologon des Kieferfusssegmentes der Chilopoden hingewiesen und dadurch am Vorderkörper die Homologie ein Stück weitergeführt. Ich will hier nur als wichtigen Beleg dafür das Verhalten des *1. Stigmenpaares* anführen. Die vordersten überhaupt vorkommenden Chilopoden-Stigmen finden wir nämlich am *ersten beintragenden* Segmente (so bei *Scutigera, Henicops, Cermatobius*), niemals aber am Kieferfusssegmente, während das vorderste Stigmenpaar der Thysanuren und Pterygoten am *Prothorax*[1]) angetroffen wird. Der *Mikrothorax* aber ist, meiner Homologisirung ganz entsprechend, stigmenlos. Wer nun wie bisher Prothorax und Kieferfusssegment gleichsetzen will, der beantworte die Frage, wie kommt es, dass ein und dasselbe Segment bei Formen mit zahlreichen Stigmen (Epimorpha) *stigmenlos*, aber bei Formen mit geringerer Stigmenzahl (Hexapoda) *stigmenführend* ist?!

Ich setze also nach wie vor Mikrothorax und Kieferfusssegment homolog und komme jetzt, nachdem auch die hinteren Körpersegmente parallelisirt sind, auf den Mittelkörper. Bei den *Anamorpha* mit 15 Beinpaaren könnte man das *1.—3. beintragende* Segment den beinführenden drei Thorakalsegmenten der Insekten vergleichen, das 15. dem 10. Abdominalsegment. Dann würden noch *11* beintragende Rumpfsegmente übrig bleiben, von denen wir die *9* vorderen auf das 1.—9. Abdominalsegment

[1]) Auf abweichende Anschauungen, Bezugnahme dieser Stigmen auf den *Mesothorax* komme ich an anderer Stelle zurück.

der Insekten beziehen könnten, während die beiden übrigen, also das 13. und 14. den Insekten fehlen würden. Wie ich gezeigt habe sind aber diese beiden die jüngsten, welche thatsächlich auch bei *Lithobius* gleichzeitig hervorsprossen (Abb. 2). *Wir könnten mithin die Hexapoden auf solche chilopodenartige Kerfe zurückführen, welche in der Segmentation sich an Lithobius anschliessen, im letzten Sprossungsstadium aber nicht mehr drei Beinpaare und Segmente hervorgehen lassen würden* (wie in Abb. 2), *sondern nur noch eines, das die Endbeine* (= Cerci) *tragende.*

Dann hätten wir als Vorläufer der Insekten chilopodenartige Thiere mit dreizehn Beinpaaren zu betrachten.

In dieser Arbeit lege ich allerdings auf die Homologisirung der Mittelkörper nicht das Hauptgewicht — zumal die von mir aufgerollte Frage nach der Zahl der Thorakalsegmente (ich erinnere auch wieder an das ungewöhnliche vierte thorakale Stigmenpaar von *Japyx*) in weiteren Arbeiten behandelt werden muss — als auf die Feststellung der *vier gleichwerthigen* ***Endsegmente***, womit m. E. vorläufig schon viel gewonnen ist. Die Mittelleibshomologie wie ich sie eben andeutete, hat jedenfalls die Berechtigung *einer* Möglichkeit, eine andere, die ich weiterhin in's Auge gefasst habe, nämlich die Zusammensetzung des Thorax aus nicht nur vier oder fünf, sondern sogar *sechs* Segmenten, hat den bedeutenden Vorzug einer völligen Parallelisirung des Körpers der *Anamorpha* und niederen *Hexapoda*. Ich halte diese Auffassung für die richtige, da sie, von einem einheitlichen Gesichtspunkte ausgehend, zahlreiche einschlägige Thatsachen verständlich macht, welche sonst als vollkommen räthselhaft gelten müssten.

Wer die Anerkennung eines Segmentes von dem Vorhandensein eines Ganglienpaares abhängig macht, muss nicht nur auf die richtige Würdigung aller mehr oder weniger verkümmerten Segmente, welcher dieser Anforderung nicht mehr entsprechen, verzichten, sondern auch auf das Verständniss rudimentärer Organe und Bildungen überhaupt. Muss man sich da nicht fragen, ob an Autoren, welche derartig urtheilen, Descendenztheorie und Darwinismus spurlos vorübergegangen sind! Vollkommen einverstanden bin ich damit, dass das *Vorhandensein* irgend eines Ganglienpaares in den Gehirnhauptheilen und im Bauchmark ein besonderes Segment hervorragend mit charakterisirt, aber das *Fehlen* eines solchen Ganglienpaares bezeichnet

andererseits noch *nicht*, dass kein Segment vorhanden ist, denn jedes Organ und jeder Körpertheil kann, wenn er in eine Entwickelungsrichtung zur Verkümmerung eingetreten ist, jedes seiner Elemente verlieren. Wenn man hier, in der Frage der Thorakalsegmente, ein *Schema* anwendet, so mag das für Kollegien zweckmässig sein, weil man den Hörern zunächst das Wichtigste oder doch Grundzüge beibringen will, die für weitere Studien eine Basis abgeben sollen, aber verkehrt ist es, so in der fortschreitenden arbeitenden Wissenschaft zu verfahren. Die Wissenschaft hört nicht da auf, wo die Grenzen der Schemata sind, sondern sie hört auf mit den Thatsachen und mit den Grenzen unserer Erkenntniss.

Uebrigens bin ich keineswegs der erste, welcher die Entstehung des Insektenthorax aus sechs Ursegmenten behauptet, vielmehr hat H. J. Kolbe in seinem so anregenden Buche „Einführung in die Kenntniss der Insekten“ (Berlin 1893) auf S. 114 bereits geschrieben: „Aber auch der aus drei Segmenten bestehende Brustabschnitt ist aus der paarweisen Vereinigung von sechs Ursegmenten hervorgegangen.“ S. 115 schlägt er für die Zwischenringe den Namen Complementärsegment vor. Kolbe hat zwar keinen Versuch gemacht die Segmente der Hexapoden mit den Segmenten irgend einer Myriopodengruppe in bestimmter Weise zu parallelisiren, auch hat er nicht zwischen *Vorringen*, die nur Ausgestaltungen von Ursegmenten sind (wie bei *Geophiliden*) und *wirklichen, in rückschreitender phylogenetischer Entwickelung befindlichen Zwischensegmenten* unterschieden, (was nach dem Status der Myriopodenkunde vor 10—12 Jahren allerdings auch noch schwieriger war als jetzt), ferner sind seine Andeutungen bei Insekten gar zu kurz gewesen. Trotzdem wäre es durchaus verkehrt, seine Ausführungen als werthlos hinzustellen, im Gegentheil sind sie sehr schätzenswerth gewesen, weil sie einen wichtigen zusammenfassenden *Gedanken* angeregt haben und zusammenfassende *Gedanken* sind doch in erster Linie das, was unsere Wissenschaften über das Handwerksmässige erhebt. Kolbe hat jedenfalls darin, dass er auf Grund phylogenetischer Verhältnisse Segmentvergleiche anstellte, den richtigen Weg betreten; ohne phylogenetische Uebersichten wird man in Fällen stark umgewandelter Körpertheile niemals zum Ziele kommen. Wenn wir einen stammesgeschichtlichen Weg feststellen können — sei es auch nur mit annähernder Deutlichkeit — so werden wir erfahren,

was bei diesem verloren ging und was verändert oder weitergebildet wurde[1]). Kürzlich hat G. Enderlein in Nr. 698 des Zoolog. Anzeigers[2]) einige Mittheilungen über den Thorax der Corrodentien gemacht und in dankenswerther Weise die Aufmerksamkeit auf die Embiiden gelenkt, welche nach ihm „auffällig schön entwickelte Intersegmente mit deutlichen Rücken- und Bauchplatten besitzen." Ich will dem gleich hinzufügen, dass bei *Embia* (wenigstens *Savignyi*) diese Bauchplatten ganz besonders kräftig ausgebildet sind und merklich stärker als die Rückenplatten, sowie dass man bei *Chilopoden* solche starke Intersegmente wie z. B. die von *Japyx* und *Embia*, namentlich mit Rücksicht auf die Tergite der ersteren und die Sternite der Letzteren gar nicht oder jedenfalls in den allermeisten Fällen nicht kennt und dass die *Vorringe*[3]) bei den den *Hexapoden* am nächsten stehenden *Anamorpha* und *Notostigmophora* überhaupt gar nicht existiren oder höchstens in schwachen Rudimenten nachweisbar werden[4]), während sie bei den *Epimorpha* ein Ausdruck des Elongationsprinzips (E. Haase) sind. Hiermit kommt der Unterschied zwischen *Pseudometameren* der *Epimorpha* und *Zwischensegmenten* (Complementär-Segmenten) der *Anamorpha* und *Hexapoden* schon zum Ausdruck.

Die *Embiiden* stehen zwar nicht so niedrig als Enderlein annimmt (worauf ich an anderer Stelle zurückkomme), gleichwohl stimme ich ihm darin bei, dass sie eine im Vergleich zu den Termiten niedere und diesen ziemlich nahe Stellung einnehmen, wie er das auch S. 435 angedeutet. Vollkommen harmonirt damit der Umstand, dass die Intersegmente der *Termiten* weit rückgebildeter sind als die der *Embiiden*, weshalb die Auffassung der Intersegmente als „Differencirung" hiermit gar nicht übereinstimmt. Für diese Betrachtung der Intersegmente niederer Hexapoden als secundäre Ausge-

[1]) Es ging nicht an, die Vorringe der Geophiliden mit den Complementärsegmenten der Anamorpha zu vergleichen, aber richtig ist es, wenn Kolbe auf S. 115 schreibt: „Bei Lithobius zeigt der Rückenschild des Complementärsegments das Bestreben, denjenigen des zugehörigen Hauptsegmentes zu verdrängen, was bei den verwandten Scutigeriden zur Wirklichkeit geworden ist." Indessen hätten die Segmente mit kleinem Tergit als Complementärsegmente bezeichnet werden sollen; also umgekehrt.

[2]) Ueber die Morphologie u. s. w. der Corrodentien.

[3]) Der Name Pseudometameren wäre vorzuschlagen.

[4]) Eine unvollständige Ausnahme macht bei den *Anamorpha Craterostigmus* Poc.

staltungen (wie sie für die *Epimorpha* in Uebereinstimmung mit E. Haase von mir selbst hervorgehoben wurde), ist[1]) von Enderlein keine Erklärung und überhaupt kein allgemeiner Gesichtspunkt beigebracht worden[2]). Die bekannte *Entwickelungstendenz der Hexapoden zur Körperconcentration* drängt nothwendig auf das *Gegentheil* hin, nämlich das *secundäre Verschwinden einer ganzen Anzahl von Segmenten*, nicht nur der Intersegmente des Thorax, sondern auch der hinteren Abdominalsegmente (und der Opisthomeren). Halten wir also folgende Thatsachen uns vor Augen:

1. *Notostigmophora* und *Anamorpha* ohne deutliche Pseudometameren, aber mit einer Anzahl Zwischensegmente, welche dorsal mehr oder weniger verkümmern.

2. Die meisten niederen *Insekten* mit ein, zwei oder drei mehr oder weniger deutlichen Zwischensegmenten am Thorax.

3. *Holometabola* meist ganz ohne Intersegmente oder nur mit schwachen Spuren, selten mit deutlicheren thorakalen Zwischentheilen.

Weit wahrscheinlicher noch wird meine Auffassung, wenn wir eine Möglichkeit vollständiger Segmenthomologisirung der *Opisthogoneata* erhalten, damit also einen einheitlichen Gesichtspunkt und phylogenetischen Weg, wie er in der nachfolgenden Uebersicht angedeutet ist. In meiner Arbeit „Beiträge zur vergleichenden Morphologie des Thorax der Insekten“ Halle 1902 habe ich an der Hand des ungewöhnlichen 4. Thorakalstigmenpaares von *Japyx* bereits auf S. 106 es ausgesprochen, dass hier „Ueberbleibsel eines Thorakalsegmentes“ vorliegen. Ich kann nur hinzufügen, dass mir ein 4. Thorakalstigmenpaar[3]) genau *ebenso beweiskräftig* ist für ein besonderes Segment, wie ein etwaiges 4. Ganglienpaar des Thorax.

[1]) Im Gegensatz zu dem oben von Kolbe Angeführten!

[2]) Dasselbe trifft zu für Börner, welcher auf die Hauptschwierigkeit, die Betrachtung der Intersegmente als phylogenetisch rückschreitender Körpertheile, gar nicht einging, trotzdem aber eine „Widerlegung“ gab, die für Enderlein als „erschöpfend“ gilt. Mir ist es immer bedenklich, wenn derartig schwierige und neue Fragen mit Pathos angegangen werden, wie es bei Börner zu finden ist!

[3]) Börner erklärt auf S. 293 des Zoolog. Anzeigers, dass die Stigmen „bekanntlich“ . . . „ursprünglich nahe dem Vorderrande der Segmente“ lägen und „erst später an den Hinterrand des nächstvorhergehenden Segmentes“ rückten. Für meine Wenigkeit protestire ich gegen dieses „bekanntlich“ und hoffe an anderer Stelle ausführen zu können, dass gerade das Gegentheil richtig ist, d. h. dass die Stigmen ursprünglich *hinten* an den Segmenten

Das Intersegment zwischen Pro- und Mesothorax bezeichne ich als **Stenothorax** und das zwischen Meso- und Metathorax als **Cryptothorax.** In späteren Aufsätzen gedenke ich auf die Intersegmente des Thorax zurückzukommen.

Schliesslich sei nur noch daran erinnert, dass schon längst und zwar selbst von embryologischer Seite, mit dem *Dogma*[1]) eines „nur" durch den „Nachweis von Ganglien" zu erweisenden Segmentes gebrochen ist, denn einmal besitzen Oralstück und Telson niemals Ganglien (auch keine Cölomsäckchen), sind aber trotzdem anerkannte Segmente, sodann ist auch für das 11. Abdominalsegment sogar niederer Insekten meist kein Ganglienpaar erweisbar (nur in einigen Fällen ein sehr kleines), obwohl auch dieses Segment nicht mehr bezweifelt werden kann. Bei *Dermapteren* habe ich das Pygidium oben besprochen und auch Heymons betont das 11. Abdominalsegment von *Forficula.* Trotzdem sagt er auf S. 37 seiner „Embryonalentwickelung der Dermapteren" Jena 1895 ausdrücklich, dass bei *Forficula* nur „10 Ganglienanlagen der Abdominalregion angehören." „Im 11. Abdominalsegment liess sich bei *Forficula* keine Ganglienanlage mehr erkennen."

* * *

Vergleichende Uebersicht der Segmente der Chilopoda mit 15 Laufbeinpaaren und der niederen Hexapoda.

Chilopoda-Anamorpha und Notostigmophora		*Niederste Hexapoda, Thysanura, Dermaptera u. A. zusammengefasst*
Kopf	=	*Kopf*
Kieferfusssegment (kleines Tergit)	=	*Mikrothorax*

liegen, wie es thatsächlich von den Chilopoden allgemein bekannt ist, wenigstens für Kenner der Chilopoden. Deren Stigmen können sich der Mitte nähern, liegen aber nicht in der Vorderhälfte. Von *Japyx* behauptet Börner ferner: „Ich möchte annehmen auf Grund der Ausbildung von zwei Stigmenpaaren, scheinbar im Metathorax, eine Vorwärtsverschiebung *um je ein oder etwas mehr als ein ganzes Segment*" u. s. w.!! Natürlich ist hierfür nicht der geringste Beweis beigebracht, vielmehr widerspricht das aufs Stärkste den bisherigen Erfahrungen über das Tracheensystem!

[1]) Wie es Börner auf S. 305 des Zoolog. Anzeigers 1903 wieder anführte!

1. *Laufbeinsegment* (*grosses* Tergit) = *Prothorax* (Vorderbeine)
(mit dem ersten vorkommenden Rumpfstigmenpaar bei Chilopoden und Hexapoden!)
2. *Laufbeinsegment* (kleines Tergit) = *Stenothorax*
3. „ (*grosses* Tergit) = *Mesothorax* (Mittelbeine)
4. „ (kleines Tergit) = *Cryptothorax* (bei Japyx mit einem Stigmenpaar)
5. *Laufbeinsegment* (*grosses* Tergit) = *Metathorax* (Hinterbeine)
6. „ (kleines Tergit) = *1. Abdominalsegment* (Medialsegment)
7. „ (grosses Tergit) = *2. Abdominalsegment*
8. „ (grosses Tergit) = *3.* „
9. „ = *4.* „
10. „ = *5.* „
11. „ = *6.* „
12. „ = *7.* „
13. „ = *8.* „ oder *vorderes Gonopodensegment*,
14. „ = *9.* „ oder *hinteres Gonopodensegment*,
15. „ oder *Endbeinsegment* = *10.* „ oder *Cercussegment*,

Genitalsegment = *11.* „ oder *Pygidium*,

Postgenitalsegment = *Metapygidium*,

Telson (Analsegment) = *Telson* (Analstück).

Opisthomeren — *Postabdomen*

Wie gesagt, gilt das hier über die thorakalen Intersegmente Erörterte nur als vorläufige Mittheilung und zur Feststellung meines allgemeinen Gesichtspunktes, im Uebrigen ist nicht zu vergessen, dass, von jeder Segmentnaturfrage abgesehen, die Erörterung der intersegmentalen Theile schon an und für sich ein nothwendiges Erforderniss ist, da sie bisher sehr wenig beachtet wurden.

Einen Punkt von Wichtigkeit will ich hier noch betonen. Der Hinweis auf die Lage der Sprossungszone vor dem 10. Abdominalsegment und vor dem Endbeinsegment wirft Licht auf eine eigenthümliche Erscheinung

bei *weiblichen Dermapteren*. Dieselben sind nämlich, mindestens im erwachsenen Zustande, stets sofort daran zu erkennen, dass *das 8. und 9. Abdominalsegment viel schwächer entwickelt ist als das 10. und 2.—7.*

Im Einzelnen bestehen in dieser Hinsicht ja mancherlei Verschiedenheiten, namentlich bei den ventralen Theilen und die dorsalen, welche für gewöhnlich in natürlicher Haltung gar nicht sichtbar sind, erscheinen bei einigen Formen von aussen als schmale Spangen, auch fehlen diese beiden Segmente niemals, haben wie gesagt nur eine schwächere Ausbildung erfahren. Dass dies nicht lediglich durch das Verkümmern der Ovipositoren verursacht wird, bezeugen die *Pygidicraniden*, deren Ovipositoren kräftig entwickelt sind und welche trotzdem schwache, schmale Segmentstammtheile aufweisen. Wir haben es vielmehr *mit den letzten Erzeugnissen einer ehemaligen Sprossungszone zu thun*, wobei die Weibchen als die konservativeren einen Zustand darstellen, der etwas an die älteren Larven der Anamorpha mit Sprossungszone erinnert. Diese beiden jüngsten Segmente haben in ihrer Anlage nicht die volle Gestaltungskraft mitbekommen. Bei den *Japygiden* sind das 8. und 9. Abdominalsegment ebenfalls und zwar in beiden Geschlechtern gegen die andern Abdominalsegmente abgeschwächt, was besonders für das 9. gilt, das schon an die Verhältnisse bei weiblichen Dermapteren erinnert, beide aber entbehren, im Gegensatze zum 1.—7., der Styli und der Stigmen. In vielen Fällen freilich ist das 8. und 9. Segment so gut wie andere ausgeprägt, aber eine nähere Beziehung der beiden ist auch dann meistentheils in den nur an diesen beiden Segmenten auftretenden *Genitalanhängen* gegeben. Meine Erklärung des 8. und 9. Abdominalsegmentes als der phylogenetisch jüngsten lässt die späte Anlage der Genitalanhänge auch von diesem Gesichtspunkte aus verständlich erscheinen. Ein *kräftig ausgebildetes 10. Abdominalsegment* kann jedenfalls immer als ein sehr wichtiger, phylogenetisch ursprünglicher Charakter gelten, um so mehr, wenn auch seine Anhänge, die Cerci, gut entwickelt sind.

* * *

Die vorigen Untersuchungen, im Verein mit meinen früheren über Genitalanhänge, haben mich also zu der Erkenntniss geführt, dass wir, ähnlich den drei Paar Mundtheilen am Kopfe und drei Paar Beinen am Thorax,

auch am Abdomen der Hexapoden häufig drei Paar Segmentanhänge zu unterscheiden haben, welche dem 8., 9. und 10. Abdominalsegment angehören und von denen die beiden vorderen, d. h. die des 8. und 9. Hinterleibsegmentes der Fortpflanzung dienlich sind, die hinteren, d. h. die des 10. Hinterleibssegmentes, entweder der Orientirung oder der Vertheidigung, seltener ebenfalls der Fortpflanzung (analog manchen *Chilopoden*).

* * *

Oben habe ich bereits R. Heymons Angaben über den Hinterleib der *Dermapteren* besprochen. Nunmehr habe ich noch einige andere Mittheilungen desselben Forschers zu erörtern, um zu zeigen, dass die embryologischen Befunde sich mit den meinigen an Larven und Entwickelten ganz gut in Einklang bringen lassen:

In seiner hübschen Arbeit „Entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen an Lepisma saccharina" Zeitschr. f. w. Zoologie 1897 heisst es auf S. 626 „*Japyx* und *Campodea* weisen insofern ein primitives Verhalten auf, als bei ihnen dauernd das 10. Abdominalsternit sich erhält. Bei *Japyx solifugus* habe ich eigentliche Laminae anales nicht aufgefunden". Wie ich oben gezeigt habe, ist dieses im Cyclomer enthaltene 10. Sternit ein Coxosternum und Heymons vermisst die Laminae anales bei jenen Formen deshalb, weil er theilweise die Cercus-Coxite als solche Laminae subanales angesprochen hat, diese Gebilde hier aber *im Coxosternum bereits enthalten sind.* In seinen Abb. 10 und 11 sind die Coxite der Cerci als „*lam. sub*" d. h. Laminae subanales ganz unverkennbar angegeben, aber es ist mir nicht einleuchtend, dass das, was in Abb. 8 beim Keimstreifen als „*lam sub*" bezeichnet wird, dasselbe ist wie das entsprechend Bezeichnete in Abb. 10 und 11. Wie dem aber auch sei, eins liegt auf der Hand, dass es sich in Bezug auf Coxit und Telopodit um ebenso *getrennte Anlagen* handelt, *wie bei den beiden Unterkieferpaaren* (vergl. Heymons Abb. 13, 15 und 17), wo innere und äussere Maxillentheile in *getrennten Wülsten* zum Vorschein kommen. Der Unterschied ist nur der, dass die grossen Cercus-Telopodite des Platzes und ihrer definitiven Lage halber nicht nach aussen von den Coxiten hervortreten, sondern mehr nach hinten. Es sprechen dafür auch Heymons Abb. 13, 15 und 17. Hinsichtlich des „mittleren Schwanzfaden"

(den ich verschiedentlich als *Terminalfilum* bezeichnet habe) stimme ich mit Heymons, der ihn als „nur *ein* langgestrecktes Segmentstück" auffasst, überein. (Vergl. das oben über secundäre Pygidien Gesagte.)

In seiner „Segmentirung des Insektenkörpers" Berlin 1895 hat Heymons selbst zugegeben, „dass die Extremitätenanlagen bald über einen grösseren Raum bald über einen geringeren sich erstrecken können." Es wundert mich daher, dass er keine Zweitheilung dieser Extremitätenanlagen in Betracht gezogen hat. Im Vorhandensein eines 11. Abdominalsegmentes stimme ich ihm vollkommen bei, ich kann jedoch diesem die Cerci nicht beirechnen, sondern muss eine Verschiebung der Anlagen derselben annehmen, die eine solche Zugehörigkeit vortäuscht. Er sagt selbst, „bei Forficula habe ich die Existenz eines 11. Sternites nicht recht nachweisen können" und S. 29 „ich habe mich von der Existenz einer gesondert auftretenden 11. Tergitenanlage auch bei Forficula niemals überzeugen können." Hiernach ist die Beobachtung der *Opisthomeren* als getrennter Theile am Embryo offenbar schwierig. Da ich sie jedoch *bei frisch ausgeschlüpften Forficula*-Larven als *getrennt* nachweisen konnte, *müssen* sie im Embryo als solche schon zur Ausbildung gelangen, weit deutlicher aber noch bei den niederen Dermapteren-Gruppen. Das „10. Abdominalsternit" von *Forficula* geht nach Heymons „sehr bald zu Grunde"; ich habe oben darauf hingewiesen, dass dies als eine Eigenthümlichkeit bereits derivater *Dermapteren*-Gruppen zu gelten hat. Ausdrücklich hebt er ferner hervor (S. 30), „dass die Lage der äusseren Geschlechtsöffnung am 9. Segment (des Abdomens) vielleicht erst secundär erworben ist, denn ursprünglich reichen wenigstens bei den genannten Insekten-Embryonen die mesodermalen Geschlechtsgänge bis in's 10. Abdominalsegment hinein." Oben habe ich schon kurz hierauf verwiesen, meine Erörterungen über die vier letzten Körpersegmente lassen diese Angabe von Heymons nicht nur sehr interessant erscheinen, sondern ich glaube jetzt auch den Schlüssel zum Verständniss derselben gefunden zu haben. In seinem Aufsatze „Zur Morphologie der Abdominalanhänge bei den Insekten", Morphologisches Jahrbuch 1896, hat Heymons in Abb. 1 und 2 die *Coxite* der Cercus-Anhänge von einer *Decticus verrucivorus*-Larve sehr deutlich abgebildet, aber als *„lam sub"* bezeichnet. Ich mache auf diese Abbildungen auch deshalb aufmerksam,

weil sie deutlich die *isostiche Lage der Coxite der Segmentanhänge des 8., 9. und 10. Abdominalsegmentes* erkennen lassen. Da ich nun die *einheitliche Zusammengehörigkeit* von Coxiten und Telopoditen der Genitalanhänge einerseits (vergl. Nr. 687 des Zoolog. Anzeigers) und der Cerci andererseits nachgewiesen habe, so ergänzen sich diese Befunde gegenseitig durch die Uebereinstimmung in den Grundzügen und durch die isostiche Lage. In seiner „Embryonal-Entwickelung von Dermapteren und Orthopteren", Jena 1895, hat Heymons verschiedene Keimstreifen abgebildet, auch von Periplaneta und Forficula. Ich kann daran nichts bemerken, was gegen meine hier erörterten Anschauungen zu sprechen geeignet wäre. Bemerkenswerth erscheint es mir aber, dass er auf S. 28 in einer Segmentübersicht die „Cölomsäckchen des Embryo" für das 11. Abdominalsegment als „meist rudimentär" (für das 12. als fehlend) angiebt, also eine *Variabilität* in dieser Hinsicht zugesteht. Da ich die Extremitäten des 10. und angeblich 11. Segmentes als einheitlich zusammengehörig dargelegt habe, d. h. als *beide* zum 10. Abdominalsegment gehörig, bleiben also nur schwache embryonale Hinweise auf dieses 11. Segment, die ich aber in keiner Weise in Zweifel ziehe, vielmehr dadurch bestätige, dass ich bei *Dermapteren* mit dem *Pygidium* allgemein ein 11. Abdominalsegment nachweisen konnte. Da nun das *Pygidium* sowohl als auch das *Analstück* als Segment nicht weiter in Frage kommen, so ist auch kein Grund vorhanden, dem ihnen so äusserst ähnlichen *Metapygidium* die Segmentnatur abzusprechen, zumal meine obige Vergleichung mit dem Körperhinterende der *Chilopoden* uns dieses Gebilde phylogenetisch ganz verständlich macht und der Vergleich der verschiedenen *Dermapteren*-Gruppen seine *allmähliche Rückbildung* uns vor Augen führt, dadurch also auf einen Zustand ehemals stärkerer Entwickelung dieses Körperabschnittes hinweist. Dass bei mehreren niederen Dermapteren-Gattungen das *Metapygidium* sowohl gegen das *Pygidium* als auch gegen das Telson *beweglich* ist und gegen Letzteres bei der Gattung *Pyragra* sogar zwei Gelenkknöpfe zur Ausbildung gelangt sind, habe ich schon erwähnt und komme in einer ausführlichen Arbeit über *Systematik, Bau* und *Verwandtschaft* der Dermapteren genauer darauf zurück, zumal die *Opisthomeren* von grosser Wichtigkeit sind für Systematik und Phylogenie zugleich. Dass mir die beträchtlichen Unterschiede zwischen den Opisthomeren der Chilo-

poden und *Dermapteren* vollkommen bewusst sind, erwähne ich nur, um gewissen Einwürfen zu begegnen. Diese Unterschiede aber *mussten* eintreten, wenn, wie erörtert, die Genitalöffnung allmählig aus dem Postabdomen (im genannten Sinne) in's Abdomen verlegt wurde.

Schliesslich komme ich noch auf Brunner von Wattenwyl's „Morphologische Bedeutung der Segmente, speciell des Hinterleibes bei den Orthopteren" Wien 1875, wo es S. 14 von den Dermapteren heisst:

„Das Aftersegment ist in beiden Geschlechtern stark ausgebildet und trägt die zangenförmigen charakteristischen Cerci. Der Abschluss derselben besteht jedoch nicht wie bei den Orthopteren in einer Lamina supraanalis und zwei unteren Polstern, sondern die vollständig verknöcherte (?) Lamina supraanalis (Pygidium Fischer) biegt sich unter scharfem Winkel zwischen den beiden Zangen nach unten und ist fest verwachsen mit einer auf der Sternal-Seite gelegenen *viereckigen Platte*, welche offenbar den beiden unteren Polstern entspricht. Die Afteröffnung befindet sich jedoch nicht in der Naht dieser beiden Platten, sondern in dem weichen Theile der Normalplatte, unmittelbar vor der eben genannten viereckigen Platte." Dies ist jedenfalls richtiger und vollständiger als das was de Bormans 25 Jahre später in der 11. Lieferung des „Thierreich" darüber schrieb, da er lediglich von einem Pygidium spricht. Indessen hat auch Brunner von Wattenwyl die „viereckige Platte" mit Unrecht für die Laminae subanales oder „unteren Polster" der *Orthopteren* in Anspruch genommen, da diesen vielmehr jene Theile entsprechen, welche Brunner in seiner Abb. 45c (allerdings undeutlich) mit „S" bezeichnet hat, also meine Cercus-Coxite. Die sog. „viereckige Platte" weist übrigens bei den Dermapteren grosse Gestaltverschiedenheiten auf, es handelt sich um die mit dem Metapygidium verwachsene Supraanalplatte (Telson). In Abb. 45c hat Brunner in *ls* eine einheitliche 8. Bauchplatte des ♀ gezeichnet und in den Seiten die Stigmen. Beides kann ich nicht bestätigen. Die abdominalen Stigmen liegen in der weichen Seitenhaut.

Anmerkung 1: L. Brüel sagt auf S. 593 seiner „Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Geschlechtsausführwege sammt Annexen von *Calliphora erythrocephala*" Zoolog. Jahrbücher Band X: „Mir scheint es im entwickelungs-physiologischen Sinne geradezu *nothwendig*, dass sich eine Aehnlichkeit an den Anlagen aller Integumentalanhänge bemerklich macht,

eine Aehnlichkeit, aus der also unmöglich Schlüsse auf Homologien solcher Organe gezogen werden können, wenn nicht noch andere Kriterien hinzukommen.“ Dieser Gedanke ist jedenfalls beachtenswert und begegnet meinen Bedenken, die ich gegenüber den Deutungen embryonaler Wülste gemacht habe.

Anmerkung 2: M. Gruner hat in seiner Dissertation „Biologische Untersuchungen an Schaumcikaden“ Berlin 1901, auf S. 12 mitgetheilt, dass meine „Angabe von der Anwesenheit von 10 Segmenten am Abdomen der Rhynchoten“ „von Heymons als irrthümlich zurückgewiesen“ sei. Eine solche Notiz ist in dieser Form *nicht zu billigen*, denn in meiner Arbeit über die Abdominalsegmente der Rhynchoten, Bonn 1893, ist mehrfach von „unter der 10. Dorsalplatte“ gelegenen Theilen die Rede gewesen, welche ich als „Diademplättchen“ beschrieben habe. Daran aber, dass die hinter dem 10. Abdominalsegment der Rhynchoten gelegenen Theile von sehr schwacher Entwickelung sind (daher von mir damals nicht als Segment bezeichnet wurden), hat auch Heymons nichts ändern können. Wenn man also anführt, ich hätte für Rhynchoten 10 Abdominalsegmente angegeben, *darf man nicht* meine Beschreibung der Diademplättchen *einfach fortlassen!* (Heymons selbst hat in seiner Arbeit über „Morphologie und Entwickelungsgeschichte der Rhynchoten“ Halle 1899 auch *nicht* in dieser Weise verfahren!) Zudem erinnere ich daran, dass ich die *Zehn*gliedrigkeit des Abdomens jenen Forschern gegenüber betont habe die von nur 8 oder 9 Abdominalsegmenten sprachen. Wenn Gruner ferner behauptet, dass die „typische Anzahl (der Abdominalsegmente) bei ursprünglicher organisirten Insekten — nach Heymons Untersuchungen — 12 beträgt,“ so ist das in dieser Allgemeinheit keinenfalls richtig (es gilt z. B. nicht für die *Japygiden*), auch zweifle ich, ob Heymons selbst das so allgemein behauptet hat, ich wenigstens kann schon aus dem oben Angegebenen zeigen, dass er nur für einen *Theil* der ursprünglicher organisirten Insekten ein 11. Abdominalsegment (zwischen dem 10. und dem Telson) nachgewiesen hat.

Zur Systematik der Gattung Japyx.

In den letzten Jahren ist die Zahl der *Japyx*-Arten nicht unbeträchtlich vermehrt worden, die wirkliche Kenntniss dieser Gruppe aber hat da-

durch nur wenig Förderung erfahren, weil die Beschreibungen (namentlich von F. Silvestri) höchst mangelhaft sind, wenn auch zugegeben werden muss, dass derlei Beschreibungen fast allgemein in dieser Gruppe zu finden sind.

Bei *Japyx patagonicus* n. sp. Silv. z. B. (in „Materiali per lo studio dei Tisanuri" Bull. societa entomol. ital. 1901, S. 215) werden einfach die „Antennae" als „30-articulatae" angegeben, ohne dass etwas Näheres über Beborstung und Gestalt der Glieder verlautet. Ueber die Beine erfahren wir nichts, über die Färbung des Körpers und Chitinisirung der hintersten Abdominalsegmente nichts, ebenso wenig etwas über Zangenbeborstung und Hinterrand des 10. Abdominaltergit. Auch sollten Formen, bei denen keine genügende Garantie dafür gegeben ist, dass es sich um *erwachsene* Stücke handelt, entweder besonders genau oder überhaupt nicht beschrieben werden. Ueber die *Proiapygiden* sprach ich bereits im Vorigen und gebe jetzt noch zum Vergleich einige Zahlen der Körpergrösse und Antennenglieder:

	Körpergrösse	Fühlerglieder
„Proiapyx stylifer"	$2^1/_2$ mm	24
„Anaiapyx vesiculosus"	2 mm	21—23
Japyx platensis	Pullus 2 mm Erwachsene 6 mm	24—26
„ *anodus*	10 mm	26
„ *solifugus*	bis 12 mm	25—32
„ *isabellae*	$2^4/_5$ mm	18
„ *bidentatus*	9 mm	32
„ *patagonicus*	14 mm	30
„ *indicus*	5 mm	38
„ *tunisius*	12 mm	40—42
„ *neotropicalis*	14 mm	33—36
„ *major*	11 mm	34—36
„ *africanus*	bis 19 mm	31—47
„ *megalocerus*	37 mm	50
„ *novaezeelandiae*	36 mm	39

Im Ganzen nimmt also mit der Körpergrösse auch die Fühlergliederzahl

zu, denn die kleinsten von *2* mm besitzen *21* (26), die grössten von *37* mm dagegen *50* Antennenglieder. Die Möglichkeit einer Umwandlung der „*Proiapygiden*“ mit geringerer Zahl der Fühlerglieder in *Japygiden* mit höherer Zahl, ist also auch nach den Grössenverhältnissen vollkommen gegeben.

Den exakten direkten Beweis der von mir erörterten Meinung kann natürlich nur die direkte Zucht ergeben. Der Nachweis gegliederter Cerci für die *Japygiden*, den wir Cook und Silvestri verdanken, bleibt auch nach wie vor ein werthvoller Fund und es ist immerhin möglich, dass mit Hülfe dieser Entwickelungsformen besondere Gruppen innerhalb der Gattung *Japyx* unterschieden werden können, ebenso können vielleicht, den Dermapteren entsprechend, manche *Japyx* mit Zangen gleich aus dem Ei kommen, andere dagegen erst ein oder mehrere Stadien mit gegliederten Cerci durchmachen. Das Vorkommen von nur *sieben* Gliedern an den *Cerci* von „*Anajapyx*“ *vesiculosus* spricht jedenfalls *für* meine oben gegebene Anschauung über die vergleichend-morphologische Natur der Cerci[1]) als umgewandelter Endbeine.

Japyx „africanus Karsch.“

(Die Insekten der Berglandschaft Adeli im Hinterlande von Togo. Berlin 1893, S. 16).

Diese Art ist so mangelhaft beschrieben, dass sie eigentlich eingezogen werden müsste. Ich stehe auf dem Standpunkte, dass schlecht beschriebene Arten nicht deshalb anerkannt werden sollen, weil Typen vorhanden sind. Wenn ich also keine Typen hätte, so würde ich diese Art einziehen. Zufällig sind mir dieselben aber zur Hand und so will ich der Einfachheit halber obigen Namen annehmen. Zunächst sind folgende beiden Punkte zu berichtigen: „Die vier Endringe des Hinterleibes braun“ und „die Spitzen der Bauchgriffel schwärzlich“ ist nicht zutreffend.

J. africanus: Antennenglieder breiter als lang, nur mässig dicht aber recht lang beborstet, besonders die ersten 5—6 ersten Glieder, 5.—6. Glied

[1]) Recht interessant ist eine Mittheilung von Heymons (Entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen an Lepisma saccharina, Leipzig 1897), wonach die Cerci der ausschlüpfenden Lärvchen, soweit seine Abb. 14 und 18 erkennen lassen, siebengliedrige Cercustelopodite aufweisen, sich also ebenfalls der typischen Beingliederzahl nähern.

mit sehr feinem „Hörhaar“ unten in weitem Porus. Halbwüchsige Junge mit 31, Erwachsene mit 47 Antennengliedern. (Karsch's Angabe trifft also nur höchstens für Erwachsene zu).

Körper grauweiss, 8. und 9. Abdominalsegment gelblich, 10. gelb bis gelbbraun, 7. nur an den Seitenkanten des Tergit gelb. Ausser den Zähnen am 7. Tergit giebt es stumpfe Höcker an den Hinterecken des 8. Die 1.—8. Dorsalplatte nur sehr spärlich, das 1.—8. Coxosternum *dicht* und reichlich beborstet. Zangen innen höckerig gezähnt, in oder bei der Mitte mit einem grossen Zahn (Abb. 3 und 4). Beborstung der Zangen nur mässig stark. 10. Abdominalsegment oben am Hinterrande in der Mitte *ohne* vorspringenden Lappen. 10. Abdominalsegment und Zangen *ohne* Körnelung.

Nach Karsch soll sich diese Art von *major* Grassi und *indicus* Oud. „durch die bedeutendere Grösse und die reichere Zahl der Fühlerglieder“ unterscheiden, was aber beides zur Charakterisirung unzureichend ist, denn die unreifen Stücke, welche doch gerade bei solchen Merkmalen in Betracht kommen, unterscheiden sich einerseits von den genannten Arten gar *nicht*, während man andererseits nicht wissen kann, ob bei der Unklarheit über Reifethiere die für *indicus* und *major* angegebenen Zahlen wirklich die für diese Arten höchsten sind.

Japyx novaezeelandiae n. sp.

36 mm Körperlänge ohne Zangen.

10. Abdominalsegment $4^1/_4$ mm lang. Kopf 3 mm lang. Zangen mehr als $3^1/_2$ mm, Antennen $8^1/_2$ mm lang. Hinterrand des 7. Abdominalsegmentes mit völlig *abgerundeten* Ecken. Styli am 1.—7. Coxosternum mit gelblicher Spitze. Körper grauweiss, 7. Abdominaltergit etwas gelblichbraun, 8. und 9. Abdominalsegment grösstentheils gelbbraun, 10. nebst den Zangen braun und stark beborstet.

Antennen mit *39* Gliedern, viele nur etwas breiter als lang, die drei ersten spärlich aber kräftig beborstet, die andern mit einem Ring dichter Beborstung, die 13—14 letzten ganz und überall dicht beborstet. Keine Hörhaare. — Alle Beine mit **drei** starken *Spitzhöckern* vor den Krallen,

einer oben (Nebenkralle) zwei unten. Tarsus stark beborstet, wenig kürzer als die Tibia. Cerci ebenfalls *stark* beborstet. Cerci und die hintere Hälfte des dorsalen Theiles des 10. Abdominalsegmentes kräftig und dunkel *gekörnt*, auch der quere, deutlich vorspringende Hinterrandlappen (Abb. 8). Die Zangen sind am ganzen Innenrande mit Ausnahme der Spitze warzig-höckerig gezähnt, ausserdem hat die linke einen und die rechte zwei stärkere Zähne. Das Sternit des 9. Abdominalsegmentes ist quer, hinten abgerundet, ziemlich gross, reichlich und deutlich beborstet (Abb. 8a). Ueber ihm befinden sich um die Genitalöffnung verschiedene Vorragungen, oben ein fast dreieckiger Lappen und unten zwei Wärzchen („papillae" im Sinne Grassi's), alle deutlich beborstet. Abdominalsegment 1—8 oben und unten sehr *spärlich* beborstet, bei oberflächlicher Betrachtung nackt erscheinend.

Vorkommen: Das Berliner zoologische Museum besitzt von dieser stattlichen Art drei Stück aus Neuseeland (Greymouth).

Japyx chilensis n. sp.

Kopf 2¼ mm. Antennen 8 mm lang.

10. Abdominalsegment 3¼ mm. Zangen 3 mm. lang.

Körper grauweiss, Abdomen gelblich namentlich nach hinten zu (7. und 8. Segment). 7. und 8. Tergit mit dunkelbraunen Seitenkanten, 10. Abdominalsegment und Zangen gelbbraun bis dunkelbraun. Antennen mit *53* Gliedern, die meist viel breiter als lang sind, alle reichlich behaart, 3.—6. unten mit „Hörhaar" in weitem Grubenporus. Beine vor den Krallen nur oben mit einem Spitzhöcker. Tarsus der Vorderbeine recht *kurz*, wenig länger als breit. Hinterrand des 8. Tergit eingebuchtet, daher die Hinterecken in spitze Zipfel vortreten; ebenso verhält sich der Hinterrand des 7. Tergit, nur sind die vortretenden Zipfel etwas stumpfer. 1.—8. Coxosternum des Abdomens *kräftig und reichlich beborstet*, die Tergite besitzen nur schwache Beborstung, jedoch 2—4 lange Borsten vor dem Hinterrand.

Cerci (Abb. 7) lang und reichlich beborstet, *nicht* gekörnt. Hinterrand des 10. Abdominalsegmentes oben mit deutlichem querem Mittellappen *a* vortretend. Zangen am ganzen Innenrande mit Ausnahme der Spitze warzig-höckerig, jede nur mit *einem* starken Zahn, der an der rechten in

der Mitte, an der linken *vor* der Mitte steht. Das Sternit des 9. Segmentes ist klein, quer, reichlich beborstet.

Vorkommen: Das einzige defekte Stück des Berliner Museums stammt von „Tumbes, Chile; Plate".

Anmerkung: Nahe verwandt ist *J. megalocerus* Silv. ebenfalls aus Chile (Talcahuano), aber von den Merkmalen, über welche S. schweigt, abgesehen, unterschieden durch „Antennae 50 articulatae, articulis setis *biseriatis* brevibus et brevioribus instructis" und „sternitis setis brevibus et brevioribus sparsis parum raris." —

Die Erkennung der geschlechtsreifen *Japyx* ist nach wie vor keine ganz einfache Sache (von der Feststellung der ausgebildeten Samenzellen und Eier muss aus praktischen Gründen meist abgesehen werden). Immerhin kann ich betonen, dass, von der Körpergrösse abgesehen, stärkere Chitinisirung des 8. und 9. Abdominalsegmentes ein Kennzeichen der Reife ist.

Herrn Geheimrath Prof. C. Möbius (Berlin), welcher mir die Benutzung einer Reihe von Schriften seiner Bibliothek freundlichst gestattete, spreche ich auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aus.

Tafel 1.

Tafel 1.

Abb. 1 und 2. Larven von *Lithobius forficatus* (L.) Hinterende.

1. Hinterende einer Larve mit 10 Paar Laufbeinen, von unten gesehen, ein 10. Bein zur Hälfte gezeichnet.
2. Hinterende einer Larve mit 12 Paar Laufbeinen, ebenso.

Abb. 3—6. *Japyx africanus* Karsch Verh. char. emend.

3. Hinterleibshinterhälfte eines mittelwüchsigen unreifen Stückes von unten gesehen, das 9. Abdominalsegment stark eingezogen. Styli stehen am Hinterrande des Coxosternums des 6. und 7. Abdominalsegmentes.
4. Rechte Zange nebst angrenzenden Theilen des 10. Abdominaltergit und *Grundbügel*, von oben gesehen *s*, *s* = Sehnen der grossen Zangenmuskeln, *Re* = Rektum, *oG* = oberer Gelenkhöcker der Zange.
5. Ein 8. und 9. Abdominalsegment, von unten gesehen, das 9. Sternit ist fortgelassen. *x* = kleine Zäpfchen an der Genitalöffnung. *L* = Leisten vorne auf dem Coxit *ct* des 9. Segmentes.
6. Höcker an der Genitalöffnung, der Höcker *a* giebt es zwei, nur einer gezeichnet.

Abb. 7. *Japyx chilensis* Verh. n. sp. 10. Abdominalsegment.

Abb. 8. „ *novaezeelandiae* Verh. n. sp. Zangen und Hinterrand des 10. Abdominaltergit.

8a. Sternit des 9. Abdominalsegmentes mit seinem Papillen *a a*, ähnlich Abb. 6.

Abb. 9. *Forficula auricularia*, zweitjüngste Larve, Pygidium, Metapygidium und Afterstück, von unten gesehen.

Fig. 1.

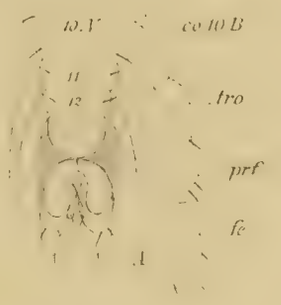


Fig. 2.

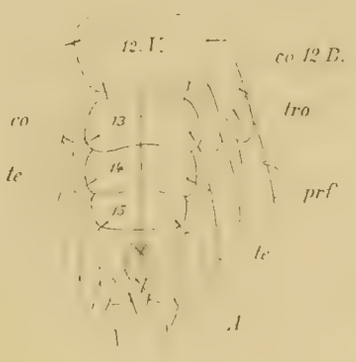


Fig. 6.

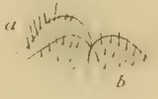


Fig. 3.

Fig. 7.

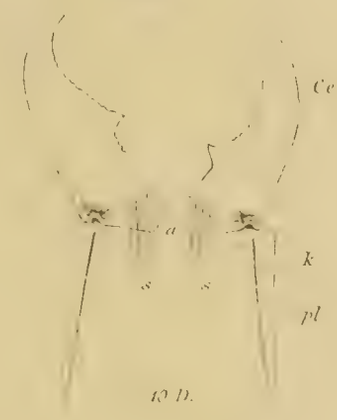


Fig. 5.

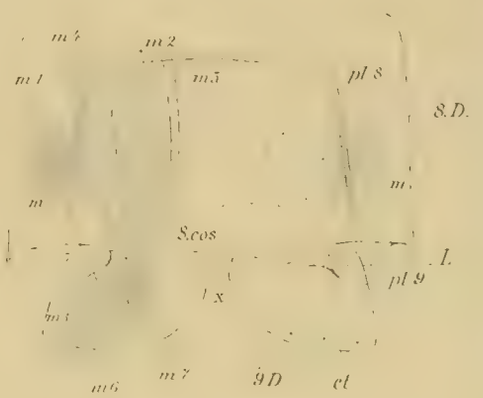


Fig. 8.

Fig. 9.

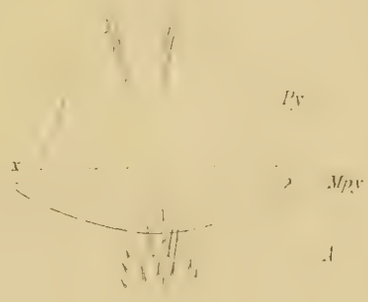


Fig. 4.

Fig. 8 a

Verhoeff. del.

Lith. Anst. Julius Klinkhardt, Leipzig

K. Verhoeff: Endsegmente des Körpers der Chilopoden, Dermapteren etc. Taf. 1.

Tafel 2.

Tafel 2.

Abb. 10. *Pygidicrana* sp. (aus Kamerun), mittelwüchsige Larve, Ansicht von aussen auf die *Opisthomeren* nebst dem rechten Arkulus, an diesem setzen sich bei *a* und *b* Muskeln an.

Abb. 11. *Forficula auricularia*, zweitjüngste Larve, Ansicht von unten auf das Hinterleibsende, doch ist nur von der rechten Zange ein Stück gezeichnet (*m* = Muskel von dem 10. Abdominaltergit zur Zange, m^1 = Muskel vom Pygidium zur Zange).

Abb. 12. *Bormansia africana* Verh. ältere Larve, zeigt den Beginn des Uebergangs gegliederter Cerci in ungegliederte Zangen.

Abb. 13. Dieselbe, die Glieder hinter dem Ende des Zangentheiles, stärker vergrössert.

Abb. 14. *Hemimerus talpoides* Walker ♂, Hinterleibsende von unten gesehen, der linke Cercus ist fortgelassen.

Abb. 15 und 16. *Karschiella* sp. (aus Togo) junge Larve, ein Cercus, hinter 15 abgebrochen, 7 bildet die Fortsetzung von 6, das Grundglied 1 enthält eine lange Schlauchdrüse.

Abb. 17. *Japyx sp.* (Junge Larve, von Silvestri als „Anajapyx vesiculosus" bezeichnet, „Patria, Italia ad Portici").

* * *

Es gelten folgende Abkürzungen:

co	= Coxa	*pl*	= Pleuren
tro	= Trochanter	*ct*	= Coxit
prf	= Praefemur	*D*	= Dorsalplatte oder Tergit
fe	= Femur	*s*	= Sehnen
V	= Sternit	*an*	= Anus
A	= Analsegment (Telson)	*Re*	= Rectum, Enddarm
tc	= Telopodit	*Py*	= Pygidium
arl	= Arkulus (Cercus-Ring)	*Mpy*	= Metapygidium
m	= Muskeln		

Fig. 10.

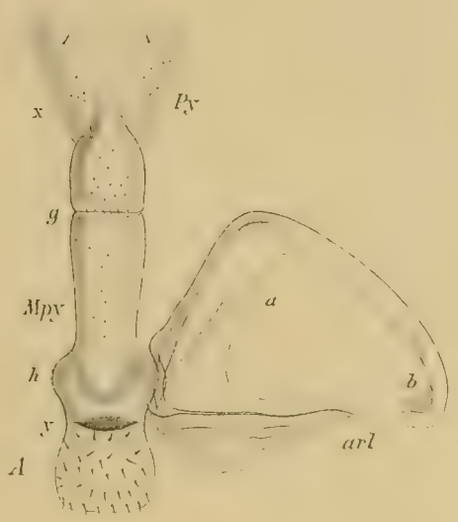


Fig. 11.

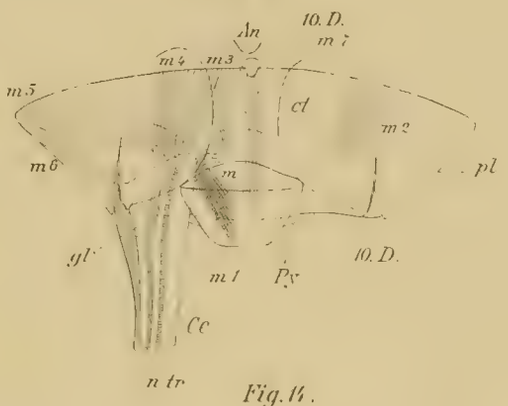


Fig. 14.

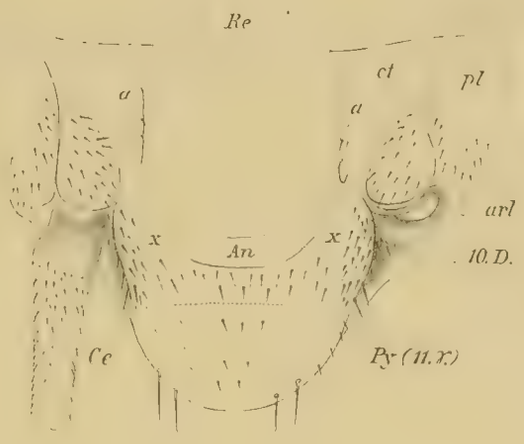


Fig. 12.

Fig. 13.

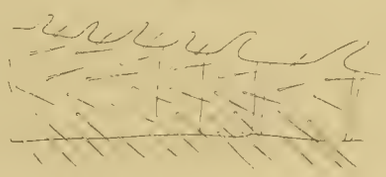


Fig. 15

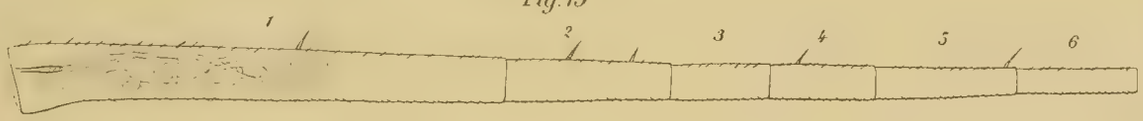


Fig. 16.

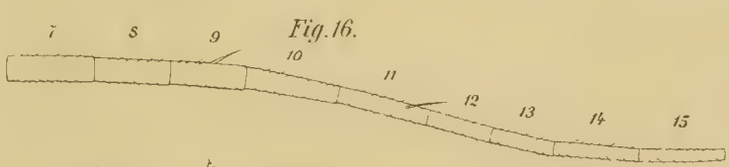
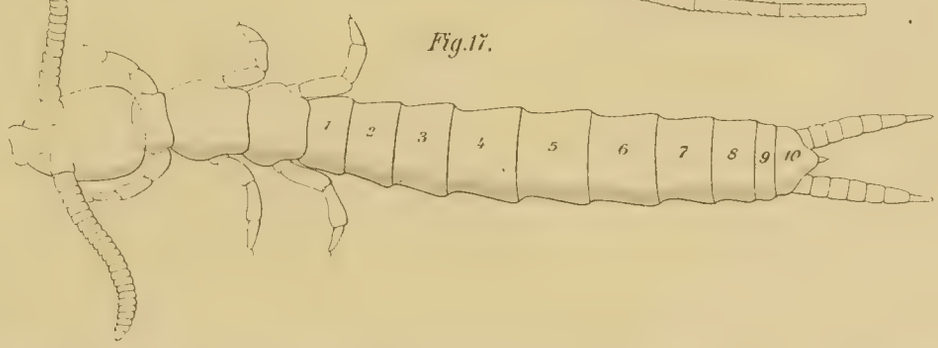


Fig. 17.



Verhoeff del.

Lith. Anst. Julius Klinkhardt, Leipzig

K. Verhoeff: Endsegmente des Körpers der Chilopoden, Dermapteren etc. Taf. 2.

NOVA ACTA.
Abh. der Kaiserl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher
Band LXXXI. Nr. 6.

Die Beobachtungen der Lufttemperatur während der totalen Sonnenfinsterniss vom 22. Januar 1898 in Indien.

Von

Gustav Pietzmann.

Eingegangen bei der Akademie am 7. April 1903.

HALLE.
1903.
Druck von Ehrhardt Karras, Halle a. S.

Für die Akademie in Commission bei Wilh. Engelmann in Leipzig.

NOVA ACTA.
Abh. der Kaiserl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher
Band LXXXI. Nr. 6.

Die Beobachtungen der Lufttemperatur während der totalen Sonnenfinsterniss vom 22. Januar 1898 in Indien.

Von

Gustav Pietzmann.

Eingegangen bei der Akademie am 7. April 1903.

HALLE.
1903.
Druck von Ehrhardt Karras, Halle a. S.

Für die Akademie in Commission bei Wilh. Engelmann in Leipzig.

Litteratur.[1]

Das Material der meteorologischen Beobachtungen, die anlässlich der totalen Sonnenfinsterniss vom 22. Januar 1898 in Indien gemacht wurden, liegt vor in den beiden Theilen der

Indian Meteorological Memoirs Vol. XI
(Calcutta 1899—1901):

I. Observations recorded during the solar eclipse of 22nd January 1898 at 154 meteorological stations in India, by John Eliot (S. 1—183; veröffentlicht den 16. November 1899) und

II. A discussion on the observations recorded during the solar eclipse of 22nd January 1898 at 154 meteorological stations in India, by John Eliot (mit 38 Taf., S. 185—251, veröffentlicht den 17. September 1900).[2]

[1] Herrn Wirkl. Geh. Admiralitätsrath Prof. Dr. Georg v. Neumayer bin ich für die gütige Erlaubnis, die Bibliothek der Deutschen Seewarte und ihre Räumlichkeiten benutzen zu dürfen, zu besonderem Danke verpflichtet; ebenso für stets freundschaftliches Entgegenkommen dem Bibliothekar Herrn J. Frühling.

[2] cf. Met. Zeitschr. 01. S. 140.

Während die Beschäftigung mit der astronomischen Seite einer Sonnenfinsterniss wohl so alt ist, wie die wissenschaftlich betriebene Astronomie selbst, so ist die systematische Beobachtung ihrer meteorologischen Begleit- und Folgeerscheinungen doch erst neueren Datums. Was hierüber an mehr zufällig und nebenbei gemachten Beobachtungen vor dem Jahre 1878 existirte, hat A. C. Ranyard zusammengestellt.[1]) — Zum ersten Male wurden systematisch meteorologische Finsternissbeobachtungen auf Veranlassung Aksel S. Steen's gelegentlich der totalen Sonnenfinsterniss vom 29. August 1886 an vierzehn norwegischen Schiffen in Aequatorialgegenden gemacht. Die Ergebnisse, die Steen fand, veranlassten die russische Regierung, die nächste stattfindende totale Sonnenfinsterniss am 19. August 1887, deren Centralitätscurve, in Mitteldeutschland beginnend, durch Russland und Sibirien strich, sogleich in mustergültiger Weise beobachten zu lassen, d. h. meteorologische Beobachtungen nicht nur vor und während der Finsterniss anstellen zu lassen, sondern auch einige Tage nachher;[2]) dagegen wurde dieselbe Finsterniss vor und nach der grössten Verfinsterung in Preussen nur anderthalb Stunden,[3]) in Sachsen, mit Ausnahme der Expedition nach dem Collmberg, sogar nur eine halbe Stunde beobachtet. Das Ergebniss der in Sachsen gemachten Beobachtungen[4]) lautet dementsprechend für die Expedition auf den Collmberg: Am Aneroid liess sich eine zweifellose Standänderung nicht constatiren; und für die Lufttemperatur: auch hier dürfte ein durch die Verfinsterung bedingter aussergewöhnlicher Gang kaum hervorgetreten sein. Dasselbe Resultat berichten die übrigen Stationen.

[1]) Arthur Cowper Ranyard, Observations made during total solar eclipses. Astron. Soc. Mem. Vol. 41. 1879. — cf. K. F. Ginzel in „Himmel und Erde" IX. Berl. 97. S. 466.

[2]) s. K. G. Ginzel l. c. S. 467 f.

[3]) cf. Met. observations during the solar eclipse, Aug. 19, 1887, made at Chlamostino (near Iwanowo), Russia. By Winslow Upton and A. Lawrence Rotch. (Michigan 88) S. 4.

[4]) s. Ib. d. Kgl. sächs. met. Institutes für 1887 (Chem. 88) II. Hälfte, (Anhang 8) S. 138 f.

Speciell von Chemnitz heisst es: Einwirkungen auf Luftdruck und Temperatur konnten hier noch weniger als auf dem Collmberg constatirt werden; gleichwohl blieb in Chemnitz am selben Tage das Thermometer von der Zeit der grössten Verfinsterung, 5^h vm, an bis 8^h vm unverändert stehen[1]) und zeigte auch noch bis 11^h vm eine sehr geringe Steigerung.[2]) — Ausserdem ergeben, um weitere Folgeerscheinungen in Betracht zu ziehen, die Pentadenmittel der Lufttemperatur für den 19.—23. August eine sehr niedrige Durchschnittszahl für alle Stationen des Königreichs Sachsens ohne Ausnahme[3]) und in gleicher Weise für den grössten Theil der Stationen Preussens.[4])

Die Erscheinung einer auffallend niedrigen Temperatur zeigt sich auch sonst in Deutschland nach Sonnenfinsternissen. Gute Beispiele hierfür geben die Temperaturerniedrigungen nach den Sonnenfinsternissen vom 1. Januar 1889 (Pentade vom 1.—5. Januar),[5]) 22. December 1889 (Pentade vom 27.—31. December),[6]) 6. Juni 1891 (Pentade vom 10.—14. Juni)[7]) und 29. September 1894 (Pentade vom 28. September bis 2. October).[8]) — Von früheren Erscheinungen sei besonders die an die Sonnenfinsterniss vom 17. Mai 1882 geknüpfte Temperaturerniedrigung erwähnt, die sich gleichfalls in ganz Deutschland bemerkbar gemacht hat, wie die Beobachtungen in Aachen, Karlsruhe, Stuttgart, Höhenschwand, Friedrichshafen, an allen Stationen des Königreichs Sachsen und in Posen zeigen.[9]) In der Nähe der Küste scheint

[1]) Im Monat August.

[2]) Von (5^h—11^h) vm nur um 2^0, entgegen einer sonstigen durchschnittlichen Steigerung in derselben Zeit um 7.54^0 im selben Monat d. J. (s. l. c. S. 96).

[3]) s. l. c. S. 85 f.

[4]) Ergebnisse d. met. Beobachtungen i. J. 1887; hrsg. durch W. v. Bezold (Berl. 89), S. 239—248.

[5]) f. Preussen cf. Ergebn. d. met. Beob. i. J. 1889, (Berl. 92) S. 279—88; f. Sachsen Jb. d. Kgl. s. met. Inst. f. 1889 (Chemn. 90), III. Abt. S. 44 f.

[6]) f. Preussen: Erg. i. J. 1889 S. 279—88, f. Sachsen: Jb. f. 1889. III. Abth. S. 44 f. und Jb. f. 1890 (Chemn. 91). III. Abth. S. 37 f.

[7]) f. Preussen: Erg. i. J. 1891 (Berl. 95) S. 195—205; f. Sachsen: Jb. f. 1891 (Chemn. 92) III. Abt. S. 37.

[8]) f. Preussen: Erg. i. J. 1894 (Berl. 98) S. 195—206; f. Sachsen: Jb. f. 1894 (Chemn. 95) III. Abt. S. 23. — Hingewiesen sei auch auf die langanhaltende Temperaturerniedrigung mit ihren Folgen (Vorrücken des Nordpolareises, unruhiger Luftdruckstand, Schneestürme u.s w.) nach der Sonnenfinsterniss vom 29. März 1903.

[9]) cf. Met. Beobacht. in Deutschland f. 1882 Jg. 5 (Hamb. 84) S. 120 f.; für Sachsen besonders Jb. für 1883 (Chemn. 84) Abt. II S. 12 f.

sich der temperaturerniedrigende Einfluss durch maritime Gegenwirkung aufgehoben zu haben (Pentade vom 16.—20. Mai 28. d. J.).[1])

Fast scheint es, als ob sich die durch eine Sonnenfinsterniss hervorgerufene Wärmeanomalie schneller über Kontinente mittheilte, als über Meeresflächen, entsprechend der Eigenschaft der Luft über Kontinentalmassen, für Wärmeanomalien empfänglicher zu sein, als die Luft über Meeresflächen, die ihrerseits für Luftdruckanomalien empfänglicher ist.[2]) —

In gleicher Weise, wie eben gesehen, gewahren wir den bis Deutschland reichenden Einfluss einer Temperaturerniedrigung nach der totalen Sonnenfinsterniss vom 22. Januar 1898. Ihre Centralitätscurve, bei Jakoba in Afrika beginnend, sich immer nördlich vom Aequator haltend, durchquerte Vorder-Indien von SW nach NE und endete im Chingangebirge. Diese Finsterniss ist darum einer eingehenden Betrachtung werth, weil sie wenigstens auf einem Theile ihrer Centralitätscurve (etwa dem siebenten) und in den ihr anliegenden Gebieten, nämlich in Vorder-Indien, sehr gut meteorologisch beobachtet worden ist. Es wird der genaueren Erforschung dieser Finsterniss sehr zu statten kommen, dass die Gebiete ihrer Sichtbarkeit namentlich im Bereiche der drei Erdtheile Europa, Asien und Afrika liegen, also auf Gebieten, die mit meteorologischen Stationen verhältnissmässig zahlreich besetzt sind, ein Vorzug für die Forschung, der bei Sonnenfinsternissen, deren Centralitätscurven und Sichtbarkeitsgebiete grösstentheils auf Oceanen liegen, wegfällt.

Die meteorologische Einwirkung einer Sonnenfinsterniss auf weitere Entfernungen hin wird sich am unmittelbarsten in Beeinflussung der Temperatur und des Luftdrucks kundgeben. In der Nähe der Centralitätscurve wird der Luftdruck infolge der wie ein Experiment wirkenden Temperaturerniedrigung steigen; dafür wird er in entfernter liegenden Gebieten sinken müssen.

Betrachten wir von dieser Erwägung aus die Witterung Mitteleuropas im Januar 1898 vor und nach dem 22. Januar, so ergiebt sich folgendes:

---

[1]) Erwähnenswerth scheint vielleicht die starke Temperaturanschwellung in den darauffolgenden Pentaden, der 29. und 30. d. J. (cf. Jb. des Kgl. sächs. met. Inst. f. 1883. Abt. II. S. 12 f.), eine Erscheinung, die auch nach der o. e. Pentade vom 28. September bis 2. Oktober 1894 auftritt. — Die Zentralitätskurven aller oben genannten Finsternisse findet man in Oppolzers Kanon der Finsternisse (Wien 87); einen Abdruck der in Frage kommenden Tafel auch in M. Wilh. Meyer „Das Weltgebäude“ (Leipzig 98) S. 539.

[2]) cf. Hann, Lehrb. d. Meteorologie (01) S. 56 und 203.

Der Monat Januar gehörte dem in Mitteleuropa ziemlich seltenen Typus eines trocken-milden Winters an.[1]) Seit dem 25. Dezember war kein ordentlicher Schnee mehr gefallen.[2]) Ein Gebiet hohen Luftdrucks lagerte beständig über Mittel- und Südeuropa.[3]) Der Luftdruck im Monat Januar war in Bayern durchschnittlich 8 mm zu hoch.[4]) Nebel auf dem Boden, wolkenloser Himmel darüber bewirkten für den Süden und Westen Deutschlands einen Rückgang der anfänglich hohen Temperatur (mit Ausnahme der Höhenstationen), sodass die Pentade vom 16.—20. Januar hier vielfach fach Werthe unter 0° hatte und die niedrigsten Werthe des Monats brachte. In Bayern herrschte vom 15.—21. Januar ziemlich strenger Frost. Doch trat, wie der Bericht der K. bayr. Centralstation schreibt, „am 22. eine Aenderung in den Witterungsverhältnissen ein, indem sich von Nordosten her eine Depression in südlicher Richtung[5]) ausbreitete", die an der Ostseeküste stürmisch auftrat,[6]) für den Süden und Westen Deutschlands südliche Winde und damit Erwärmung brachte, während der Norden Deutschlands und z. T. auch Mitteldeutschland unter den Einfluss einer von Osten her vordringenden Temperaturerniedrigung geriethen (namentlich am 25. und 26. Januar).[7])

[1]) „Wetter" 15. Jg. (98) S. 32.

[2]) ibid.

[3]) s. vier Karten für die Luftdruckvertheilung im Januar 1898. ibid. S. 35.

[4]) Uebers. üb. d. Witterungsverhältnisse im Kgr. Bayern während d. Jan. 1898. Mitgetheilt durch d. K. b. Met. Centralstation (Sep.-Abdr. aus d. „Augsb. Abendzeitung"). Dies. Quelle, soweit im Folgenden von Bayern die Rede ist.

[5]) Deren Minima zeitweise weniger als 730 mm Luftdruck aufwiesen: E. Herrmann, Rückblick auf das Wetter in Deutschland im Jahre 1898, in „Ann. der Hydrographie". 27. Jg. (99) S. 172.

[6]) Ausgesprochene Sturmtage (d. h. Tage, an denen wenigstens die Hälfte der Signalstellen auf den einzelnen Küstenstrecken Windstärke 8 der Beaufort-Skala und darüber gemeldet hatten) waren an der westl. Ostsee (einschl. Rügen) der 23. (NW), an der östl. Ostsee der 22. (NW), 23. (NW), 24. (NW) und 27. Januar (NW). ibid. S. 182.

[7]) s. Herrmann, l. c. S. 172. — Nach dem 22. Januar wiesen (s. d. Ber. d. K. preuss. Met. Inst. über d. Witt. im Jahre 1898 in d. „Stat. Korr." und „Ann. d. Hydr.": „Die Witt. an d. deutschen Küste im Januar 1898" Jg. 98. S. 93) die niedrigsten Monatstemperaturen die folgenden Stationen auf: am 23. der Brocken, am 25. Memel, Königsberg i. Pr., Köslin, Swinemünde, Putbus, Wustrow, Keitum; Neustrelitz, Posen, Schneekoppe, Görlitz, am 26. Marggrabowa (mit — 19,7° die niedrigste Temperatur des Monats in Preussen und Deutschland überhaupt), Neufahrwasser, Lauenburg i. P., Bromberg, Frankfurt a. O., Berlin, Torgau, Breslau, Ratibor. (Die Aufstellung zeigt zugleich, dass der Satz Herrmanns [l. c. S. 172]: „Am 25. blieb im Osten Deutschlands die Temperatur den ganzen Tag hindurch unter dem Ge-

Der hohe Luftdruck von 780 mm, der in der Woche vom 16.—22. Januar 1898 am Ausgang der Alpen südlich von Wien lag, war abgeflossen, ein mehr westlich gelegener Luftdruck von < 775 mm war übrig geblieben,[1]) die Kurven von 770 und 765 mm, die in der Woche des 16.—22. Januar vom Süden und Norden der jütischen Halbinsel bis zum Süd- und Nordende des Kaspischen Sees strichen, erscheinen in der nächsten Woche weit nach Griechenland bezw. Konstantinopel, und die Kurve von 760 mm, in der Vorwoche von Stockholm aus südlich an Moskau vorbei bis nach Saratow sich erstreckend, zog jetzt bedeutend südlicher, Tiflis mit umfassend.[2])

Wenn man Sonnenfinsternisse und danach auftretende Erdbeben oder Vulkanausbrüche (so vielleicht die partielle Sonnenfinsterniss im südl. Gr. Ocean am 7. Mai 1902 und den Vulkanausbrech des Mt. Pelée auf Martinique am Morgen des 8. Mai) in einen ursächlichen Zusammenhang bringen will, so dürfte auch dieser nur in einer grösseren Luftdruckerniedrigung zu suchen sein, die einer Zunahme des Luftdrucks im Sichtbarkeitsgebiete der Finsterniss entspricht. Es ist denkbar, dass eine infolgedessen eintretende Luftdruckentlastung grösserer Gebietstheile der Erde nahezu reife Vulkanmassen vorzeitig zum Ausbruch bringen kann. Natürlich kann auch jede andere Luftdruckdepression diese Folge haben. (Man kann andererseits annehmen, dass jeder höhere Luftdruck den drohenden Ausbruch eines Vulkans für kurze Zeit hintanzuhalten vermag, dass er aber um so verheerender auftritt, wenn er dennoch erfolgt). Es sei darauf hingewiesen, dass der Hauptausbruch des Krakatau am 26. August 1883 gegen Mittag begann, d. h. in der Zeit des täglichen abnehmenden Luftdrucks, und seinen ersten Höhepunkt kurz nach der Zeit des barometrischen Nachmittagsminimums erreichte, gegen 5^h nämlich (cf. R. D. H. Verbeek, Krakatau, Haag 86, S. 77: „Les éruptions

---

frierpunkte; schon am 26. erhob sie sich wieder allgemein über denselben", im letzten Theile einer Correctur bedarf). Zugleicherzeit fiel in Thüringen und im Harz in der Nacht zum 25. Januar ziemlich viel Schnee (der erste Schnee seit dem 25. December, s. o. im T.). Auch in Athen und Konstantinopel trat am 26. Januar starker Schneefall ein und ebenso seit der Nacht vom 25./26. auf der Insel Thera, „eins der seltenen Phänomene in Thera", wie ein dort erscheinendes Blatt dazu bemerkt („Das Wetter" 15. Jg. 98. S. 47). — Von aussereuropäischen Stationen hatten niedrigste Monatstemperaturen am 22. Amini Devi im Arabischen Meerbusen, am 23. Djask und Buschir (Persien), am 24. und 25. Muscat (Arabien), am 26. Aden und Perim und am 31. Zanzibar. S. The India Weather Review f. 1898 (Calcutta 99) S. 46.

[1]) Deutlich aus zwei (durch Einbuchtung getrennten) Komponenten bestehend: dem Rest des alten Hochdruckgebietes von über 775 mm (Centrum etwa Paris), mit einem nach E ragenden Zipfel, dem Rest der früheren Erhebung von 780 mm entsprechend, und einem neu gebildeten Maximum über dem nördlichen Spanien und der Vizcayasee.

[2]) Man vergl. die zwei beigegebenen Karten zur Darstellung der Luftdruckvertheilung in Europa während einer Woche vor und nach der Finsterniss (nach den von E. Less gezeichneten Wochenkarten zur Luftdruckvertheilung in Europa, die für die Zeit vom 5. Dezbr. 1897 — 29. Jan. 1898 in der Ztsch. „Das Wetter" 15. Jg. Berl. 98. S. 35 abgedruckt sind).

du volcan de Krakatau ont augmenté en intensité le Dimanche, 26 Août, vers midi et surtout vers 5 heures du soir; elles ont atteint leur maximum le Lundi, 27 Août, à environ 10 heures du matin, puis elles sont entrées en décroissance rapide, pour cesser complètement dans la matinée du Mardi, 28 Août". s. dazu die Barogramme von Batavia im Atlas Fig. 7. Ueber die Beziehung zwischen Luftdruck und Vulkanismus sowie Erdbeben, oder kosmische Einflüsse, die hier in Frage kommen könnten, s. auch Ratzel, Die Erde und das Leben I, Leipzig 01, S. 187. 189. 205f. 207f.). — Wenn man den Mond überhaupt in gewissen Fällen für vulkanische Eruptionen und Erdbeben mitverantwortlich machen will, so kann das nur durch Einflüsse bewiesen werden, die seine Stellung zur Erde auf die Höhe und Tiefe des Luftdrucks hätte, d. h. es wäre ein eingehendes Studium des Verhaltens der Hochdruckgebiete (nicht des täglichen Barometerganges) gegenüber den sich bildenden Neu- und Vollmondstellungen unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Erdnähe und Erdferne erforderlich. Aus dem Verhalten der Hochdruckgebiete würde sich das der Depressionen und daraus das der übrigen — mehr oder minder lokalen — Witterungserscheinungen mit einiger Sicherheit von selbst ergeben. — Wenn auch ein Mann, wie Falb, das Unglück gehabt hat, eine Theorie zu verballhornen, so kann das doch kein Grund sein, sich auf das Gegentheil zu versteifen; das wäre vielleicht ein noch grösseres Unglück für den wissenschaftlichen Fortschritt und ist dogmatisch. — Wenn selbst die Lithosphäre der Erde einem Einfluss des Mondes nicht Stand hält (Nutation), die Hydrosphäre noch weniger (Ebbe und Flut), so darf man für die Atmosphäre ein Gleiches vermuthen (Umlagerung der Hochdruckgebiete). Dass ein solcher Einfluss nicht existirt, lässt sich nicht beweisen, denn experimentell kann der Beweis wegen der Quantität der in Frage kommenden Massen und der Complicirtheit der Nebenumstände nicht geführt werden, und auf Grund von Beobachtungen lässt sich nur behaupten: Dies oder jenes ist nicht beobachtet worden; damit ist aber entfernt noch nicht bewiesen, dass es nicht existirt. — Man darf wohl die Vermuthung aussprechen, dass, wenn der complicirte Lauf des Mondes um die Erde wegfiele, auch der Grund zu den unvorhergesehenen Unregelmässigkeiten und sog. „unberechenbaren" Einflüssen aller Klimazonen wegfiele. — Vielleicht stehen auch die 35-jährigen[1]) Klimaschwankungen Brückners mit dem Gange des Mondes in Verbindung. Bekanntlich bringt eine Periode von 18 Jahren 11 T. 7 St. (Saros) den Mond wieder in die gleiche Constellation zur Sonne und Erde. Soll damit auch eine gewisse Gleichheit der meteorologischen Bedingungen gegeben sein, so spielt doch die Differenz von 11 Tagen meteorologisch gewiss keine unwichtige Rolle; weniger gross dagegen, wenngleich immer noch gross genug, erscheint die Datumdifferenz bei Ablauf eines 2. Saros; die einzelne Phase würde zwar im Datum 22 T. 14 St. später fallen, als die entsprechende vor 36 Jahren, aber die unmittelbar einen synodischen Monat vorhergehende Phase, die wir mit der eben genannten ohne allzu grossen Fehler in Parallele setzen können, liegt 7 Tage, also eine Woche vor dem Ursprungsdatum. Wir könnten so das 36. Jahr mit dem Anfangsjahr meteorologisch vielleicht identisch setzen, wenn wir im Auge behalten, dass im 36. Jahr die korrespondirenden Mondphasen eine Woche früher liegen. Aber schon nach 72 Jahren geht das Verhältniss in eine entschiedene Ungleichung über, indem die in ihrer Stellung correspondirenden Phasen 45 Tage später, die gleichnamigen Phasen 14 Tage früher fallen. (Die durchs Jahr fortschreitenden 11 Tage 7 St. füllen erst nach rund 32 Saren ein Jahr aus, demnach sind erst

[1]) oder 36jährigen, s. Ed. Brückner, Klimaschwankungen seit 1700. Wien 90. S. 234ff. 243.

das 583. Jahr, noch genauer das 1167. Jahr, mit dem Anfangsjahr in Bezug auf das Jahresdatum der gleichen Mondstellungen identische Jahre). — Wenn wir unseren Berechnungen einen anomalistischen Monat (von 27.5546 T.) zu Grunde legen, so erhalten wir nach vier Jahren eine Wiederkehr der gleichen Erdferne- und Erdnähestellung ungefähr am selben Monatsdatum, nur 0.63164 Tag zurückliegend; bei der 36jähr. Periode würde die Differenz 5.68 Tage betragen, die der Differenz für die correspondirenden Mondphasen (7 T.) ziemlich nahe kommt. Man könnte demnach, soweit der kosmische Einfluss des Mondes in Betracht käme, eine ungefähre Gleichheit der meteorologischen Erscheinungen für eine Periode von 36 Jahren weniger 6—7 Tagen annehmen.

Wenn wir einen Zusammenhang der oben S. 6—8 erwähnten Erscheinungen mit der totalen Sonnenfinsterniss vom 22. Januar 1898 vermuthen, so bedürfte es zu der Führung eines exakten Beweises natürlich des Nachweises aller verbindenden Mittelglieder, die von dem Auftreten der Finsterniss bis zu diesen Erscheinungen geführt haben, soweit es nach dem Stande des vorliegenden Materials möglich ist. Diese Aufgabe soll hier nun nicht im Ganzen versucht werden, es soll zunächst nur versucht werden, den unmittelbaren Wärmeeffect der Sonnenfinsterniss in Graden der Lufttemperatur für einen Theil des Sichtbarkeitsgebietes darzustellen, den die Curve der Centralität auf einem Theile ihres Laufes (etwa dem siebenten) durchschnitten hat, und wo zu diesem Zwecke besonders umfangreiche Beobachachtungen angestellt wurden, in Indien nämlich.

Zuvor mögen der Beschreibung der Finsterniss — in Bezug auf die Erdoberfläche — folgende Daten dienen:[1])

Beginn auf der Erde überhaupt
$4^h\ 46.1^m$ WZ ($21^\circ 36'$ E und $0^\circ 28'$ N)
Ende $9^h\ 52.6^m$ WZ ($110^\circ 7'$ E und $35^\circ 36'$ N)
Gesammtdauer also $5^h\ 6.5^m$.

Totalität bei Sonnenaufgang um $5^h\ 48.9^m$ WZ ($9^\circ 46'$ E und $11^\circ 14'$ N), zur Zeit des höchsten Sonnenstandes ($12^h\ 11.9^m$ OZ) um $7^h\ 37.5^m$ WZ ($68^\circ 36'$ E und $12^\circ 57'$ N); bei Sonnenuntergang um $8^h\ 49.8^m$ WZ ($119^\circ 9'$ E und $45^\circ 47'$ N). Die Curve der Centralität durchlief der Mondschatten also in $3^h\ 0.9^m$.

Die südliche Contactgrenze wird durch folgende Punkte bestimmt:

[1]) s. zum folgenden die beigegebene Karte aus dem „Nautical Almanach“ f. 1898; die im Text angegebenen Daten sind derselben Quelle entnommen (S. 484—86).

WZ = Weltzeit nach Greenw., $(1 — 24)^h$ von Mitternacht bis Mitternacht; OZ = Ortszeit.

Länge	Breite	Länge	Breite
2° 4′ E	19° 43′ S	75° 29′ E	20° 11′ S
9 51	22 24	82 27	15 12
15 52	24 5	89 8	9 43
22 11	25 52	97 17	3 0 S
29 12	27 20	107 27	4 18 N
36 13	28 21	113 1	7 39
49 27	28 40	118 46	10 38
59 33	27 6	123 43	12 54
67° 58′ E	24° 13′ S	131° 10′ E	15° 43′ N

Die Curven des Beginnes und Endes der Finsterniss bei Sonnenaufgang gehen durch folgende Punkte:

Beginn der Finsterniss bei Sonnenaufgang		Ende der Finsterniss bei Sonnenaufgang	
Länge	Breite	Länge	Breite
2° 4′ E	19° 43′ S	30° 49′ E	67° 7′ N
14 33	11 59 S	11 15	54 45
21 36	0 28 N	2 29 E	40 4
24 26	15 19	2 43 W	22 24
23 59	31 38	5 1	6 37 N
23 22	43 17	5 27	5 5 S
25 3	53 33	4 31	12 49
35° 21′ E	63° 56′ N	2° 30′ W	17° 23′ S

Die Curven des Beginnes und Endes der Finsterniss bei Sonnenuntergang sind durch folgende Punkte bestimmt:

Beginn der Finsterniss bei Sonnenuntergang		Ende der Finsterniss bei Sonnenuntergang	
Länge	Breite	Länge	Länge
131° 10′ E	15° 43′ N	69° 50′ E	69° 37′ N
132 48	16 0	81 25	67 8
135 45	18 4	90 21	63 11
137 39	22 36	97 6	57 39
137 59	30 12	102 50	49 32
135 23	41 27	110 7	35 36
125 57	55 47	118 33	23 25
97° 55′ E	68° 20′ N	124° 25′ E	18° 15′ N

Die Centralitätscurve geht durch folgende Punkte:

Länge	Breite	Länge	Breite
9° 46′ E	11° 14 N	66° 20′ E	11° 20′ N
17 56	8 27	71 25	15 8
25 6	6 23	76 25	19 15
32 14	4 47	81 42	23 39
38 28	3 56	87 4	27 54
44 11	3 45	93 13	32 19
49 58	4 18	100 44	37 2
55 26	5 40	108 57	41 23
60° 48′ E	7° 58 N	119° 9′ E	45° 47′ N

Die Grenzlinien der Zone der totalen Verfinsterung und die Centralitätscurve gehen für die Zeit von $7^h\,36^m$—$8^h\,36^m$ WZ durch folgende Punkte:

WZ	Nördliche Grenzlinie		Centralitätscurve		Südliche Grenzlinie		Dauer der tot. Verf. auf der Centr.-Curve
	Länge	Breite	Länge	Breite	Länge	Breite	
$7^h\,36^m$ [1])	67° 58.8′ E	12° 58.5′ N	68° 11.5′ E	12° 35.6′ N	68° 24.2′ E	12° 12.8′ N	$2^m\,19.9^s$
40	69 6.1	13 48.6	69 18.6	13 26.0	69 31.1	13 3.3	2 18.7
44	70 14.2	14 41.4	70 26.6	14 18.8	70 39.0	13 56.3	2 16.8
$7^h\,48^m$	71 23.8	15 36.3	71 36.1	15 14.0	71 48.3	14 52.1	2 14.4
52	72 35.3	16 34.1	72 47.5	16 12.0	72 59.4	15 50.1	2 11.5
56	73 49.1	17 34.5	74 0.9	17 12.7	74 12.6	16 51.0	2 8.3
$8^h\,0^m$	75 6.2	18 38.2	75 17.7	18 16.7	75 29.2	17 55.4	2 4.9
4	76 26.4	19 45.0	76 37.6	19 23.8	76 48.6	19 2.6	2 1.3
8	77 51.1	20 55.7	78 1.8	20 34.5	78 12.5	20 13.4	1 57.4
$8^h\,12^m$	79 20.7	22 10.4	79 30.8	21 49.6	79 41.0	21 28.8	1 53.2
16	80 56.8	23 29.4	81 6.5	23 8.9	81 16.1	22 48.3	1 48.6
20	82 41.0	24 54.0	82 49.9	24 33.6	82 59.0	24 13.4	1 43.5
$8^h\,24^m$	84 35.5	26 24.8	84 43.7	26 4.7	84 51.9	25 44.8	1 38.0
28	86 43.7	28 3.3	86 50.8	27 43.4	86 58.0	27 23.6	1 32.0
32	89 9.9	29 51.6	89 15.6	29 31.8	89 21.3	29 12.5	1 25.5
$8^h\,36^m$	92° 2.1′ E	31° 52.9′ N	92° 5.6′ E	31° 33.2′ N	92° 9.4′ E	31° 14.0′ N	$1^m\,18.6^s$

Aus obigen Angaben lässt sich der Weg bestimmen, den der Kernschatten durch Indien genommen hat. Er durchschnitt Indien vom Hafen-

[1]) $7^h\,37.5^m$ Zeit der Verfinsterung im wahren Mittag unter 68° 36′E und 12° 57′ N (s. o. S. 11).

platz Viziadrug an der Westküste in nördl. Richtung bis zum Mt. Everest und war beim Eintritt in Indien 90 km breit (46 km der n., 44 km der s. Theil und beim Austritt 71 km (36 km + 35 km). Der Schatten des Mondes durcheilte diesen Weg also in 38 Minuten (von $7^h\,50' - 8^h\,28'$ WZ). Die Ortszeit beim Eintritt der Centralitätscurve in Indien war $12^h\,45'$, beim Verlassen $2^h\,15'$. Die Dauer der Totalitätsphase für einige Punkte dieses Weges ergiebt sich ebenfalls aus obiger Tabelle.

Die meteorologische Beobachtung der Sonnenfinsterniss in Indien wurde organisirt von John Eliot. Beobachtungen liegen vor von 158 Stationen,[1]) die mit Namen und näheren Bestimmungen hier folgen:

Lfd. Nr.	Name	Länge (ö.)	Breite (n.)	Entf. n. od. s. von der Centr.-Curve in km	Höhe über dem Meere in m
*a	Viziadrug	73° 22′	16° 34′	8 s	30.5[1])
*b	Ghunguti	81 15	23 21	5 n	?
*c	Sahdol	81 23	23 18	5 s	?
*d	Dumraon	84 12	25 33	6 s	?
*1	Seoni	79 33	22 6	13 n	620
*2	Buxar	84 1	25 34	3 n	73
*3	Chapra	84 47	25 47	25 s	55
*4	Nagpur[3])	79 11	21 9	35 s	312
*5	Motihari	84 57	26 40	35 n	68

[1]) Abgedruckt in den Ind. Met. Memoirs Vol. XI. Theil I. S. 4—183, II. S. 249—51; die Nummerirung und Reihenfolge der folgenden Aufzählung ist die von Eliot gegebene und richtet sich nach dem Grade der Verfinsterung (in Zehnteln des Sonnendurchmessers; sehr ungenau wiedergegeben! s. u. S. 25) und der Entfernung der einzelnen Orte von der Centralitätscurve. Die Entfernung der ersten vier Orte (a—d), die bei Eliot an besonderer Stelle behandelt sind (l. c. I. 159—172, 173—177, 178—183, II. 249—251), und der Orte 1—20 einschl. sind durch Abmessung im Andree'schen Handatlas (99, 4. Aufl., Karten 134f.) bestimmt worden, nachdem die Curve der Centralität nach obigen Angaben eingetragen worden war, was allerdings Differenzen mit Eliot ergab. Die übrigen Zahlen sind durch blosse Umrechnung der bei Eliot gegebenen (statute) miles in km gefunden (1 mile = 1609.33 m), unter Wegfassung der Decimalen. Das *n* oder *s* bei der Zahl der Entfernung giebt an, ob der Ort nördlich oder südlich (genauer nö. oder sö.) von der Centralitätscurve liegt. Die mit einem * versehenen Orte befanden sich innerhalb der Totalitätszone. — Die Angabe der Höhenlage ist dem „Indian Weather Review for the year 1898", by John Eliot, Calcutta 99, S. 798—813 entnommen worden (1 foot = 30.48 cm).

[2]) Ind. M. M. XI. 159.

[3]) Observatory.

Lfd. Nr.	Name	Länge (ö.)	Breite (n.)	Entf. n. od. s. von der Centr.-Curve in km	Höhe über dem Meere in m
*6	Nagpur[1])	79° 11′	21° 9′	37 s	s. Nr. 4
7	Arrah	84 42	25 34	37 s	58
*8	Ratnagiri	73 23	17 6	35 n	34
9	Amraoti	77 43	20 55	48 n	370
10	Muzaffarpur	85 30	26 7	40 s	54
11	Benares	83 2	25 20	45 n	81
12	Dehri	84 13	24 55	64 s	107
13	Akola	77 4	20 42	82 n	283
14	Jubbulpore	79 59	23 9	80 n	404
15	Sholapur	75 56	17 41	97 s	485
16	Patna	85 14	25 37	75 s	56
17	Katmandu[2])	85 12	27 42	96 n	1337
18	Ahmednagar	74 48	19 6	102 n	656
19	Chikalda[2])	77 22	21 24	119 n	1100
20	Sutna	80 52	24 34	120 n	317
21	Allahabad	81 52	25 26	121 n	94
22	Poona	74 10	18 28	121 n	561
23	Pachmarhi[2])	78 28	22 28	124 n	1075
24	Buldana	76 14	20 34	124 n	650
25	Gaya	85 2	24 42	138 s	114
26	Belgaum	74 42	15 52	150 s	769
27	Durjeeling[2])	88 18	27 3	153 s	2258
28	Chanda	79 19	19 56	167 s	193
29	Hoshangabad	77 46	22 45	180 n	307
30	Khandwa	76 23	21 49	193 n	318
31	Raipur	81 41	21 15	206 s	296
32	Purnea	87 34	25 50	216 s	38
33	Karwar	74 15	14 50	219 s	13
34	Bhagalpur	86 58	25 15	232 s	49
35	Hazaribagh	85 24	24 0	238 s	612
36	Ranchi	85 22	23 23	283 s	649
37	Cawnpore	80 25	26 26	307 n	127
38	Indore	75 53	22 44	309 n	556
39	Secunderabad	78 33	17 27	314 s	544
40	Lucknow	81 0	26 50	319 n	112
41	Bahraich	81 39	27 34	333 n	123
42	Rangpur	89 18	25 45	344 s	37,5
43	Sambalpur	84 1	21 31	351 s	148
44	Chaibassa	85 51	22 33	383 s	232
45	Rampur Boalia	88° 39′	24° 22′	407 s	21

[1]) Sanitary Commissioner's office. [2]) Höhenstation.

Lfd. Nr.	Name	Länge (ö.)	Breite (n.)	Entf. n. od. s. von der Centr.-Curve in km	Höhe über dem Meere in m
46	Mangalore	74° 54′	12° 52′	415 s	20
47	Bogra	89 27	24 52	425 s	19
48	Berhampore	88 17	24 6	425 s	20
49	Mercara	75 48	12 26	509 s	1152
50	Agra	78 5	27 10	523 n	169
51	Ahmedabad	72 36	23 3	547 n	50
52	Darbhanga	86 0	26 10	76 s	51
53	Gorakhpur	83 18	26 46	146 n	78
54	Daltonganj	84 7	24 4	150 s	223?
55	Bijapur	75 48	16 49	153 s	593
56	Saugor	78 48	23 49	204 n	551
57	Malegaon	74 22	20 34	217 n	436
58	Bombay, Met. Off.	72 49	18 54	217 n	11
59	Dinajpur	88 41	25 38	304 s	37
60	Naya Dumka	87 18	24 16	335 s	149
61	Dhubri	89 50	26 7	338 s	35
62	Ihansi	78 37	25 27	344 n	262
63	Raniganj	87 58	25 52	369 s	102
64	Bellary	76 57	15 9	383 s	450
65	Surat	72 46	21 13	390 n	12
66	Bankura	87 7	23 16	414 s	91
67	Kurnool	78 6	15 50	415 s	281
68	Burdwan	87 54	23 14	455 s	30
69	Mainpuri	79 3	27 14	475 n	157
70	Sirajganj	89 47	24 27	475 s	15
71	Midnapur	87 22	22 16	489 s	46
72	Mymensingh	90 27	24 45	494 s	18
73	Krishnagur	88 38	23 23	496 s	14
74	Bareilly	79 27	28 21	539 n	173
75	Balasore	86 58	21 30	544 s	14
76	Sibsagar	94 40	26 59	544 s	101,5
77	Faridpur	89 52	23 36	549 s	14
78	Calcutta (Alipore)	88 20	22 32	549 s	6,5
79	Jessore	89 13	23 9	555 s	10
80	Veraval	70 26	20 54	555 n	?
81	Cuttack	85 54	20 29	563 s	24,5
82	Cuddapah	78 51	14 26	584 s	132
83	Gopalpur	85 0	19 20	592 s	6
84	Masulipatam	81 12	16 9	596 s	4,5
85	Narayanganj	90° 27′	23° 43′	600 s	8

Lfd. Nr.	Name	Länge (ö.)	Breite (n.)	Entf. n. od. s. von der Centr.-Curve in km	Höhe über dem Meere in m
86	Saugor Island	88° 5′	21° 39′	608 s	7,5
87	Cocanada	82 15	16 55	608 s	8
88	Pooree	85 53	19 48	612 s	6
89	Calicut	75 49	11 15	616 s	8
90	False Point	86 47	20 20	624 s	6
91	Silchar	92 50	24 49	624 s	31,5
92	Rajkot	70 52	22 17	631 n	131
93	Comilla	91 14	23 28	650 s	11
94	Barisal	90 25	22 42	657 s	4
95	Ranikhet[1])	79 29	29 38	657 n	1850
96	Nellore	80 5	14 28	663 s	22
97	Mount Abu[1])	72 43	24 36	681 n	1202
98	Ajmere	74 37	26 28	692 n	491
99	Sambhar	75 14	26 55	695 n	382
100	Delhi	77 16	28 40	697 n	219
101	Noakhali	91 6	22 48	698 s	13
102	Cochin	76 17	9 58	748 s	3
103	Roorkee	77 56	29 52	753 n	270
104	Salem	78 12	11 39	773 s	286,5
105	Chittagong	91 50	22 21	776 s	26,5
106	Dehra Dun	78 8	30 20	781 n	681
107	Pachpadra	72 18	25 55	813 n	116
108	Mussooree[1])	78 7	30 28	813 n	1954
109	Kindat	94 33	23 46	850 s	115
110	Sirsa	75 6	29 32	914 n	202
111	Bickaneer	73 4	27 59	917 n	235
112	Bhamo	96 58	24 12	930 s	116
113	Deesa	72 14	24 16	684 n	142
114	Wellington[1])	76 50	11 22	694 s	1890
115	Coimbatore	77 0	11 0	718 s	411
116	Bhuj	69 42	23 15	784 n	120
117	Chakrata[1])	77 55	30 40	827 n	2140
118	Trichinopoly	78 44	10 50	861 s	78
119	Cuddalore	79 52	11 37	866 s	4
120	Madura	78 10	9 55	892 s	136
121	Simla[1])	77 12	31 6	909 n	2202
122	Negapatam	79 53	10 46	940 s	9,5
123	Tinnevelly (Palamcotta)	77° 44′	8° 44′	954 s	51

[1]) Höhenstation.

Lfd. Nr.	Name	Länge (ö.)	Breite (n.)	Entf. n. od. s. von der Centr.-Curve in km	Höhe über dem Meere in m
124	Ludhiana	75° 54′	30° 55′	970 n	247,5
125	Pampan	79 10	9 17	1011 s	11
126	Akyab	92 57	20 28	1011 s	6
127	Hyderabad (Sind)	68 27	25 25	1046 n	29
128	Mandalay	96 8	21 59	1067 s	76
128	Kurrachee	67 4	24 47	1098 n	9
130	Lahore	74 20	31 34	1115 n	214
131	Leh [1])	77 42	34 10	1127 n	3506
132	Montgomery	73 8	30 42	1135 n	170
133	Minbu	94 58	20 15	1162 s	50
134	Sialkot	74 35	32 29	1183 n	253
135	Mooltan	71 33	30 10	1210 n	128
136	Thayetmyo	95 12	19 22	1246 s	41
137	Taunggyi [1])	97 3	20 36	1247 s	? [1])
138	Jacobabad	68 18	28 24	1263 n	57
139	Khushab	72 22	32 21	1320 n	186,5
140	Toungoo	96 24	18 57	1355 s	58
141	Murree [1])	73 27	33 54	1366 n	1930
142	Rawalpindi	73 5	33 38	1371 n	501
143	Dera Ismail Khan	71 5	32 0	1376 n	181
144	Bassein	94 50	16 47	1445 s	8
145	Cherat [1])	71 58	33 46	1448 n	? [1])
146	Gilgit	74 25	35 48	1466 n	1490,5
147	Diamond Island	94 19	15 52	1494 s	13
148	Peshawar	71 37	34 2	1505 n	338
149	Quetta [1])	67 3	30 11	1511 n	1677
150	Rangoon	96 12	16 46	1529 s	12
151	Chaman [1])	66 28	30 53	1585 n	1314
152	Moulmein	97 37	16 29	1654 s	29
153	Tavoy	98 19	14 4	1880 s	8
154	Mergui [2])	98° 38′	12° 11′	2052 s	29

[1]) Höhenstation.

[2]) Diese Stationen, mit Ausnahme der unter a—d genannten, sind nicht zum Zwecke der Beobachtung der Sonnenfinsterniss besonders errichtet, sondern regelmässige Stationen des indischen Systems; es fehlen sogar eine ziemliche Anzahl (nach dem Stande von 1898 etwa 40), u. a. Madras und die Stationen der Insel Ceylon. Es ist zu bedauern, dass man die ausserindischen Stationen, die dem indischen System angegliedert sind (s. d. Stationenverz. i. „The India Weather Review f. 1898“ S. 798—813, Calc. 99), wie Kabul, Mesched, Teheran, Bagdad, Ispahan, Muscat, Aden, Perim, Zanzibar u. e. a. nicht in das System der Beobachtungen mit hineingezogen hat.

Das Beispiel der mehrtägigen Beobachtung einer Sonnenfinsterniss, wie es die russische Regierung im August 1887 gegeben hatte,[1]) hat keine Nachahmung gefunden. So ersuchte zwar im Jahre 1900, gelegentlich der Sonnenfinsterniss vom 28. Mai das Weather Bureau der Vereinigten Staaten die Beobachter, nach Ablauf der Finsterniss, die in den Morgenstunden stattfand, die Beobachtungen stündlich, wenn möglich bis zur Nacht hinein, fortzusetzen, doch kamen nur einzelne Beobachter diesem Wunsche nach, sodass die wenigen so gemachten Beobachtungen ohne allgemeine Bedeutung blieben.[2]) Auch die am 22. Januar 1898 in Indien gemachten Beobachtungen hören im Durchschnitt eine Stunde,[3]) z. T. sogar unmittelbar nach Ende der Finsterniss auf; nur von zwei Stationen liegen Beobachtungen vom folgenden Tage vor: Viziadrug (*a*) und Sahdol (*c*), aber auch diese mit Unterbrechung durch die Nacht. Infolge der nicht lange genug fortgesetzten Beobachtungen ist z. B. die Kurve der Luftdrucksteigerung, die in Folge der Finsterniss eintrat, nicht vollständig zu zeichnen gewesen,[4]) sie bricht in einer aufsteigenden Linie ab. Die unmittelbare Einwirkung auf die Temperatur ist freilich mit dem Ende der Finsterniss als gegeben zu erachten, allein es wäre doch interessant, neben den lokalen Temperaturerniedrigungen auch die durch die Luftbewegung nachher eintretenden Mischungstemperaturen eingehender zu verfolgen. —

Es lässt sich vielleicht annehmen, dass auf der Linie der Centralität (und ebenso in den anliegenden Gebieten) vom Morgen- bis zum Mittagpunkt das entstandene Temperaturdefizit im Allgemeinen bis zum Mittag, bez. den ersten Nachmittagsstunden wieder ausgeglichen werden kann, dass dagegen auf der Strecke vom Mittag- bis zum Abendpunkte, abgesehen vielleicht von den ersten Nachmittagsstunden, das Deficit bis zum nächsten Tage nicht wieder eingeholt wird, wenn nicht die Luftcirculation etwas anderes bedingt. Indien wurde — von Viziadrug bis zum Mt. Everest — vom Kernschatten in Ortszeit ausgedrückt, von $12^h\,45^m - 2^h\,15^m$ durch-

[1]) s. o. S. 5.

[2]) s. Frank H. Bigelow, Eclipse Meteorology and allied Problems (Wash. 02). S. 26.

[3]) Die genauere Zahl liegt zwischen 56 und 57 Min. (Viziadrug und Sadohl nicht mitgerechnet); am längsten haben nachträglich Quetta ($2^h\,20^m$) und Dumraon ($3^1/_4{}^h$) beobachtet.

[4]) J. M. M. XI. letztes Diagramm Taf. 22.

schnitten, es lag also z. T. in einem Grenzgebiete. — Die Orte, die am 23. 8^h vm einen niedrigeren Temperaturstand aufweisen als am 22. zur selben Zeit, liegen zum grössten Theile im ndl. Indien vertheilt (an der Südseite des Himalaya) und in Burma (bis Moulmein), trotz theilweise verhältnissmässig geringem Temperaturrückgang während der Finsterniss.[1])

Die meteorologischen Beobachtungen, die aus Anlass der Finsterniss angestellt wurden, umfassten[2]) Ablesung des Barometerstandes, des trockenen und feuchten Thermometers, Messung der Luftfeuchtigkeit, Angabe der Windrichtung und -stärke, Art und Zugrichtung der Wolken nebst Grösse der Bedeckung und bei Stationen mit den erforderlichen Instrumenten auch eine Bestimmung der Sonnen-[3]) und Boden (Grass-) strahlung.[4]) Ferner wurde in der Instruction für die Beobachter als wünschenswerth bezeichnet, wenn unter dem Titel „Weather remarks" noch einige besondere Beobachtungen hinzugefügt würden, so namentlich über die Farbe und den Farbenwechsel von Himmel und Wolken, oder über ungewöhnliche Erscheinungen z. Z. der Totalität oder grössten Verfinsterung an der Sonne oder dem Himmel in ihrer unmittelbaren Umgebung.

Die Beobachtungen sollten an allen Stationen wenn möglich von 10^h vm — 4^h nm angestellt werden; vor und nach der Finsterniss sollte die Ablesung aller Instrumente viertelstündlich erfolgen; während der Dauer der Finsterniss am feuchten und trockenen Thermometer, sowie am Barometer alle 5 Minuten; gleichzeitig sollten auch Wetterfahne und Anemometer abgelesen werden, wenn sie in der Nähe dieser Instrumente standen, sonst alle 10 oder 15 Minuten. Die Zeitfolge der übrigen Beobachtungen war dem Beobachter überlassen.

Die Beobachter sollten nach der Güte und Anzahl der Beobachtungen eine Gratification aus dem Fonds für besondere Sturmbeobachtungen erhalten. Der grösste Theil von ihnen entstammte dürftigen Verhältnissen und war nur mangelhaft gebildet, doch lasen sie, wie Eliot urtheilt, die

[1]) cf. Indian Daily Weather Report für den 22. und 23. Jan. 1898, hrsg. in Simla (durch W. L. Dallas).

[2]) s. I. M. M. XI. S. 2.

[3]) Beobachtungen liegen vor von den Stationen 22. 31. 67. 97. 121. 130 und a.

[4]) Beobachtungen liegen vor von den Stationen 97. 121. 130.

Instrumente gewöhnlich mit Sorgfalt, und die Beobachtungen des Barometers, der Thermometer, von Wind und Bewölkung können in der grossen Mehrzahl der Fälle als genau und zuverlässig angesehen werden.[1])

Von dem Wetter am 22. Januar und einige Tage vorher entwirft Eliot folgendes Bild:[2])

Das Wetter war während einiger Tage vor der Finsterniss aussergewöhnlich schön in Indien. Der Luftdruck war höher als gewöhnlich am 18., 19. und 20. über N.-Indien, am ausgesprochensten am Fuss der Gebirge. Er fiel über dem ganzen Gebiete am 21. und unterschied sich wenig von der normalen Vertheilung in Indien am 22. — Er war während der Periode vom 18.—22. normal oder ein wenig zu tief in der Andamanensee und im SE des Meerbusens von Bengalen. Die Gradienten waren deshalb etwas schroffer als gewöhnlich, die Windrichtung normal, aber seine Stärke über Monatsmittel.

Das Wetter war etwas unsicher in Baluchistan und Kaschmir am 19., 20., 21. (und 22.). Der Himmel war mehr oder weniger bewölkt in diesen Gegenden und im nördlichen Punjab, und leichte Schnee- oder Regenschauer gingen in den Bergdistrikten nieder. Im übrigen Indien war der Himmel am 20., 21. und 22. fast vollkommen klar, ausgenommen im Süden der Halbinsel südlich einer Linie, die Masulipatam (84), Cuddapah (82), Bangalore und Cochin (102) verbindet. In Trichinopoly (118), Salem (104), Madura (120), Tinnevelly (123), Wellington (114) fielen ausserdem am 22. leichte Regenschauer. — Hiervon abgesehen war in Indien die Luft trockener als gewöhnlich und bei den meisten Stationen auch bemerkenswerth frei von Dunst.[3])

[1]) „It should be remembered that the large majority of the observers are natives on small pay and heuce very imperfectly educated. They usually read the instruments carefully and the observations of the barometer, thermometers, wind and cloud may, in the great majority of cases, be accepted as accurate and trustworthy. (J. M. M. XI, 3).

[2]) J. M. M. XI. 189. Eine meteorologische Charakteristik des Monats Januar ebenda S. 185—188; cf. auch die Karten in Hann, Handb. d. Klimatologie II. S. 179f. (97[2]).

[3]) Man findet fast immer in Berichten über Sonnenfinsternissmeteorologie der Freude darüber Ausdruck gegeben, falls das Wetter während der Finsterniss schön, der Himmel unbedeckt war, trotzdem es meteorologisch irrelevant sein sollte, ob das Wetter gut oder schlecht ist, denn für den Meteorologen ist jede Witterungsphase — auch bei Sonnenfinsternissen — gleich wichtig. — Anders natürlich bei dem Astronom.

Den Gesammteindruck der Finsterniss in Indien fasst ein Bericht in den „Beilagen zur Allgemeinen Zeitung“[1]) folgendermaassen zusammen:

„Alle Beobachter stimmen darin überein, dass die Finsterniss keine ‚sehr dunkle‘ war; während der Totalität war die Helligkeit grösser als Vollmond, sodass nicht zu kleiner Druck bequem zu lesen war; ebenso konnten die Beobachtungsuhren überall ohne Laterne abgelesen werden.“

„Als die Finsterniss sich der Totalität näherte, wurde der Himmel bleigrau, Gras und Bäume färbten sich schwarz und die intensive Mittagshitze wich einer erfrischenden Kühle. Nach dem Eintritt der Totalität erschien die Landschaft wie durch farbige Gläser betrachtet: im Westen war der Horizont feingelb, weiter oben der Himmel purpurgrau oder blaugrau gefärbt, im Osten schien der Schatten des Mondes die Erde gleich dem einer drohenden Wolke zu berühren.“

„Etwa 6° südwestlich der verfinsterten Sonne leuchtete Venus mit dem Glanz, den sie in einer Tropennacht zeigt; ausser ihr waren nur noch der etwas entfernter stehende Mars und etwa zwei bis drei hellere Sterne am Himmel wahrzunehmen.“

„Der Anblick der Corona war ein zauberhafter, über alle Maassen prächtiger: sie glich einem ungeheuren, silberglänzenden Stern am dunklen Firmament.“[2])

„Uebereinstimmend wird von allen Stationen gemeldet, dass schon vor der Totalität der Finsterniss die Lufttemperatur sehr merkbar sank. — Die bei früheren totalen Sonnenfinsternissen beobachteten ‚fliegenden Schatten‘ waren diesmal nicht wahrzunehmen, wahrscheinlich eine Folge der verhältnissmässig grossen Helligkeit. Mehrfach wurde die Wahrnehmung gemacht, dass die Dauer der Totalität um vier Sekunden kürzer war, als der Vorausberechnung gemäss zu erwarten stand.“

Im Folgenden ist das Material, welches zur Bestimmung des Sinkens der Lufttemperatur benutzt wurde, z. T. aus zwei Quellen zusammengeflossen, einmal aus den unmittelbar gemachten Beobachtungen der einzelnen Stationen selbst, und sodann aus den berechneten Curven über den wahrscheinlichen

[1]) Jg. 98. Beil. Nr. 79 S. 6; gezeichnet -rt-.

[2]) Die nähere Schilderung dieses Phänomens, sowie der Chromosphäre und der Protuberanzen ist hier fortgelassen.

Gang der Temperatur, falls die Sonnenfinsterniss nicht eingetreten wäre. Diese Curven des wahrscheinlichen täglichen Temperaturganges sind für eine Anzahl von Stationen aus stündlichen Beobachtungen der Jahre 1876 bis 1887 genauer berechnet[1]) und von Eliot zur Anfertigung von Diagrammen für diese Stationen benutzt worden, die in gestrichelter Curve den normalen Gang der Temperatur zeigen, falls die Sonnenfinsterniss nicht stattgefunden hätte, in ausgezogener Curve den thatsächlichen Gang während der Finsterniss.

Eliot sagt zur Kritik dieses Verfahrens:[2])

Die Normaldaten des täglichen Temperaturganges sind aus einem Durchschnittswetter berechnet, d. h. sie sind die Mittel von Beobachtungen sowohl bei schlechtem wie bei gutem Wetter und repräsentiren daher den täglichen Gang der Temperatur nicht nur bei schönem Wetter; ausgenommen sind die Stationen in solchen Gegenden, die im Januar fast unverändert schönes Wetter zeigen. Diese Gegenden umfassen indess einen grossen Theil Indiens, insbesondere die Centralprovinzen, das Dekan, Berar, Centralindien und die Westküste. Wir finden hier klaren Himmel, leichte Winde und eine grosse Trockenheit der Luft, Abwesenheit von Stürmen oder sonstigen grösseren Störungen irgend welcher Art. — Das von Jahr zu Jahr allein wechselnde Element in diesem Monat ist der Wasserdampfgehalt der Luft, der z. Th. von dem Charakter und der Vertheilung der letzten SW-Monsunregen abhängt, z. Th. von annormalen Gestaltungen der unteren Luftcirculation. Trockne Luft bringt hohe Tages- und niedrige Nachttemperaturen, feuchte Luft dagegen schwächt die Amplitude nach oben und nach unten hin ab. In dieser Hinsicht bedürfen die Durchschnittstemperaturen einer dementsprechenden Modification. Auf diese Weise wurden die wahrscheinlichen Curven des täglichen Ganges der Temperatur am Tage der Finsterniss gewonnen, unter der Voraussetzung, dass die Finsterniss nicht stattgefunden hätte.

Zur Kritik des Verfahrens wurde bei mehreren Stationen ein Vergleich der so erhaltenen Curven des wahrscheinlichen Ganges der Tagestemperatur bei normalem Sonnenschein unter Berücksichtigung der besonderen Wetterbedingungen der Periode gemacht mit den Mitteln von schönen

[1]) Veröff. in d. I. M. M. V. und IX.

[2]) J. M. M. XI. S. 198.

Januartagen, die dem Tage der Finsterniss möglichst ähnlich waren. Der Vergleich lieferte fast genau dieselben Resultate. —

Die Methode, nach der die einzelnen Stationen im Folgenden behandelt worden sind, ist folgende:

Der temperaturerniedrigende Einfluss der Finsterniss ist mit dem Ende derselben als gegeben angesehen worden, es sind daher nur die Temperaturbeobachtungen zwischen dem Anfang und Ende der Finsterniss in Betracht gezogen worden.

Das Hauptgewicht ist auf die Feststellung der mittleren Differenz zwischen der thatsächlichen Temperatur und derjenigen, die unter gewöhnlichen Umständen zu erwarten war, gelegt worden, weniger auf die Angabe der Maximaldifferenz zwischen beiden. Die mittlere Differenz giebt ein besseres Bild von dem Wärmeausfall, als die nur singuläre Maximaldifferenz, die in die mittlere Differenz mit eingegangen ist. Die mittlere Differenz zwischen beiden Temperaturen ist im Folgenden als mittlere Temperaturabweichung bezeichnet worden. Natürlich konnte sie nur von solchen Stationen berechnet werden, von denen beide Reihen des Temperaturganges bekannt oder annähernd zu erschliessen waren.[1]) Sie sind im Folgenden zuerst behandelt worden; bei den übrigen Stationen musste die Angabe der mittleren Temperaturabweichung fortfallen, ebenso die genauere Angabe der Maximalabweichung. Doch hat es Eliot unternommen, die letztere für 88 weitere Stationen z. Th. aus den von den Stationen selbst vorliegenden Beobachtungen, z. Th. aus den Beobachtungen benachbart gelegener Orte mit möglichst gleichen klimatischen Bedingungen zu erschliessen. Diese Resultate[2]) sind im Folgenden mit angegeben worden. — Von allen Stationen, die richtig beobachtet haben, war es indessen möglich, die Differenz zwischen der Maximal- und Minimaltemperatur während der Finsterniss anzugeben. Sie ist als die Finsternissamplitude der Temperatur bezeichnet worden.

Was über den Grad der Zuverlässigkeit der Temperaturablesung zu sagen war, ist bereits gesagt worden.[3]) Das Urtheil lautete im Allgemeinen günstig. Zweifel an der Richtigkeit einer Beobachtung sind im Einzelnen an den betreffenden Stellen angemerkt worden.

[1]) Im Ganzen 37 Stationen.
[2]) J. M. M. XI. 200—202.
[3]) o. S. 21.

Die Ortszeitangaben sind in der Veröffentlichung Eliots sämmtlich in Madraser Zeit umgewandelt worden.[1]) Es ist zweifelhaft, dass auf allen Stationen richtig gehende Uhren vorhanden waren.

Die zeitlichen Beobachtungen über Beginn und Ende der Finsterniss, sowie die Angaben über die Grösse der Verfinsterung in Zehnteln des Sonnendurchmessers sind oft ungenau und z. Th. Beobachtungen an anderen ähnlich gelegenen Orten widersprechend, da sie nur nach Augenschätzung gemacht wurden, ohne Benutzung astronomischer Berechnungen.[2]) Daher ist es auch nicht möglich, den Zeitraum genau zu bestimmen, der vom Moment der grössten Verfinsterung bis zum niedrigsten Stand der Temperatur verflossen ist. Es sei vorweg genommen, dass Eliot für denselben durchschnittlich 15 Minuten ermittelt hat.[3])

Die folgenden Angaben bringen für die einzelnen Stationen, so weit wie möglich:

1. die mittlere Temperaturabweichung,
2. die Maximalabweichung der Temperatur und
3. die Amplitude der Temperatur während der Finsterniss.

(a) **Viziadrug.**

Finsternissanfang $11^h\ 15^m$ O. Z.
Totalität $12^h\ 43\,\text{f.}^m$
Ende $2^h\ 11^m$
(Madr. Z. + 27^m)[4])

[1]) Für Viziadrug beziehen sich alle Zeitangaben auf S. 160—72, sowie den Taff. 3. 10. 20. 29. 37 auf Ortszeit, wenngleich die Angabe auf Madraser Zeit lautet.

[2]) Z. B. wird für Ratnagiri (8) als grösste Phase der Verfinsterung $^9/_{10}$ ($-^{10}/_{10}$) angegeben; trotzdem lag es noch in der Totalitätszone. Für Berhampore (48) wird als Grösse der Verfinsterung $^9/_{10}$, für Darbhanga (52) $^8/_{10}$ angegeben; dabei ist Darbhanga von der Linie der Centralität etwa 76 km, Berhampore 425 km entfernt. Die Beispiele dieser Art lassen sich noch vermehren. — Als Zeichen guter zeitlicher Beobachtung der Finsterniss kann es gelten, wenn die grösste Phase der Verfinsterung als genau oder ziemlich genau in der Mitte liegend angegeben wird.

[3]) J. M. M. XI. 206. — Im übrigen ist im Folgenden der Versuch gemacht, die Zeitangaben über die Finsterniss möglichst mit der Wahrscheinlichkeit in Einklang zu bringen, so z. B. wenn Viziadrug u. e. a. Orte eine Dauer der Finsterniss von über 3 Stunden angeben, obgleich eine solche für keinen Ort Indiens stattgefunden hat (s. d. beigegebene Karte zu S. 11—13) u. a. m.

[4]) Ueber die Zeitangaben bei Eliot s. o. Anm. 1.

O.-Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$11^h\ 15^m$	83.1° F.	82.6° F.	—0.5° F.
30	84.2	83.0	—1.2
45	84.6	83 0	—1.6
$12^h\ 0^m$	84.9	82.9	—2.0
15	84.6	82.2	—2.4
30	83.7	81.7	—2.0
45	82.1	79.3	—2.8
$1^h\ 0^m$	80.9	77.5	—3.4
15	80.1	77.5	—2.6
30	80.0	78.0	—2.0
45	79.9	78.2	—1.7
$2^h\ 0^m$	79.9	78.8	—1.1
$2^h\ 15^m$	80 0° F.	80.0° F.	—0.0° F.
			1.8° F.

Mittlere Abweichung 1.0° C.
Maximalabweichung 1.9° C.
Finsternissamplitude 3.1° C.[3])

(b) **Ghunguti.**[4])

Finsternissanfang $12^h\ 14^m$ Madr. Z.
Totalität $1^h\ 38^m$
Ende $3^h\ 4^m$
(O. Z. + 4^m)

Von Ghunguti liegen genauere Berechnungen des wahrscheinlichen Temperaturganges nicht vor, sondern nur Beobachtungen vom 20.—22. Januar. Suchen wir den wahrscheinlichen Gang der Temperatur für den 22. analog dem Gange am 21.[5]) zu berechnen, so ergiebt sich folgendes:

Das Mittel der Temperatur war in den Vormittags-Stunden von $9—12^h$ am 22. um 4.1° F. höher als am 21. — Die mittlere Temperatur zwischen $12^h\ 15^m—3^h$ betrug am 21. 76. 97° F.; nehmen wir an, sie wäre

[1]) von Eliot erschlossen aus einem Vergleich der Curven vom 21., 23. u. 24. Januar. l. c. S. 206 und Taf. 10.

[2]) l. c. S. 166f.

[3]) über die Temperaturbedingungen in Viziadrug s. noch Eliot l. c. S. 205.

[4]) l. c. S. 175—177.

[5]) Der 20. konnte nicht mit benutzt werden, da die Daten zu spät einsetzen ($1^h\ 20^m$).

am 22., analog den Vormittagstemperaturen, im Durchschnitt 4.1° F. wärmer gewesen (in Wirklichkeit wohl mehr), so erhalten wir als durchschnittlich zu erwartende Temperatur 80.98° F. Thatsächlich betrug die mittlere Temperatur während der Zeit der Finsterniss nur 74.77° F., es würde sich also eine mittlere Abweichung von 6.21° F. = 3.5° C. ergeben.

Nehmen wir, falls die Finsterniss nicht eintrat, für den 22. zwischen $12^h\ 15^m$—3^h einen dem 21. zur selben Zeit analogen Temperaturgang als wahrscheinlich an, nur um 4.1° F. höher, so erhalten wir als Maximalabweichung zwischen dem wahrscheinlichen und thatsächlichen Gang der Temperatur um $1^h\ 50^m$ 13.4° F. = 7.4° C.

Die Finsternissamplitude betrug 4.8° C.

(c) **Sahdol.**[1])

Finsternissanfang $12^h\ 10^m$ Madr. Z.
Totalität $1^h\ 35^m$
Ende $2^h\ 58^m$
(O. Z. $+3^m$)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[2])	thats. Temp.[3])	Abweichung
$12^h\ 10^m$	77.8° F.	77.5° F.	—0.3° F.
15	78.0	78.5	+0.5
20	78.2	78.5	+0.3
25	78.3	78.0	—0.3
30	78.5	78.0	—0.5
35	78.6	78.0	—0.6
40	78.7	78.0	—0.7
45	78.9	78.0	—0.9
50	79.0	77.5	—1.5
55	79.1	77.5	—1.6
$1^h\ 0^m$	79.2	77.0	—2.2
5	79.3	76.5	—2.8
10	79.4	76.5	—2.9
15	79.5	76.5	—3.0
$1^h\ 20^m$	79.6° F.	76.0° F.	—3.6° F.
$1^h\ 25^m$	79.7° F.	75.5° F.	—4.2° F.
30	79.8	75.0	—4.8
35	79.9	75.0	—4.9
40	79.9	74.0	—5.9
45	80.0	72.0	—8.0
50	80.1	71.5	—8.6
55	80.1	71.0	—9.1
$2^h\ 0^m$	80.1	70.5	—9.6
5	80.1	71.0	—8.2
10	80.2	72.0	—7.2
15	80.2	73.0	—7.2
20	80.2	74.0	—6.2
25	80.2	74.8	—5.4
30	80.2	75.5	—4.8
35	80.2	76.5	—3.7
40	80.2	76.3	—3.9
45	80.2	76.5	—3.7
50	80.1	76.5	—3.6
55	80.1	77.0	—3.1
$3^h\ 0^m$	80.1° F.	77.0° F.	—3.1° F.
			3.9° F.

Mittlere Abweichung 2.2° C.
Maximalabweichung 5.3° C.
Finsternissamplitude 4.4° C.

[1]) cf. zu dieser Station noch die Beilage zur Allg. Ztg. Jg. 1898 Nr. 79 S. 5 Anm. 1.

[2]) nach Taf. 38. [3]) l. c. S. 250 f.

(1) **Seoni.**

Finsternissanfang $12^h\ 5^m$ Madr. Z.
Totalität $1^h\ 27^m$
Ende $2^h\ 48^m$
(O. Z. -3^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$12^h\ 5^m$	79.1° F.	79.2° F.	+0.1° F.
10	79.3	79.2	—0.1
15	79.5	79.0	—0.5
20	79.6	79.6	—0.0
25	79.8	79.2	—0.6
30	80.0	79.2	—0.8
35	80.1	79.2	—0.9
40	80.2	79.0	—1.2
45	80.4	78.8	—1.6
50	80.5	78.2	—2.3
55	80.6	78.2	—2.4
$1^h\ 0^m$	80.7	78.0	—2.7
5	80.9	78.0	—2.9
10	81.0	77.4	—3.6
15	81.1	77.2	—3.9
20	81.2	76.4	—4.8
25	81.3	76.0	—5.3
30	81.4	75.6	—5.8
35	81.5	75.0	—6.5
40	81.6	74.2	—7.4
45	81.7	74.4	—7.3
50	81.8	74.6	—7.2
55	81.9	75.2	—6.7
$2^h\ 0^m$	81.9	75.8	—6.1
5	82.0	76.0	—6.0
10	82.0	76.4	—5.6
15	82.1	76.8	—5.3
20	82.1	77.2	—4.9
25	82.1	78.0	—4.1
30	82.2	78.2	—4.0
35	82.2	78.2	—4.0
40	82.2	78.6	—3.6
45	82.1	79.0	—3.1
$2^h\ 50^m$	82.1° F.	79.2° F.	—2.9° F.
			3.6° F.

[1]) l. c. Taf. 4. [2]) l. c. S. 4.

Mittlere Abweichung 2.0° C.
Maximalabweichung 4.1° C.
Finsternissamplitude 3.0° C.

(3) **Chapra.**

Finsternissanfang $12^h\ 20^m$ Madr. Z.
Totalität $1^h\ 40^m$
Ende 3^h
(O. Z. $+18^m$)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$12^h\ 20^m$	74.9° F.	(74.4)°[3]) F.	—0.5° F.
30	75.2	(74.7)	—0.5
40	75.5	(75.1)	—0.4
50	75.8	(74.9)	—0.9
$1^h\ 0^m$	76.0	75.1	—0.9
10	76.2	74.1	—2.1
20	76.4	(73.8)	—2.6
30	76.6	(72.8)	—3.8
40	76.8	(71.4)	—5.4
50	76.9	(70.1)	—6.8
$2^h\ 0^m$	77.0	(69.5)	—7.5
10	77.1	(69.5)	—7.6
20	77.1	(71.3)	—5.8
30	77.1	(73.2)	—3.9
40	77.0	(74.3)	—2.7
50	76.9	(74.7)	—2.2
$3^h\ 0^m$	76.7° F.	(75.2)° F.	—1.5° F.
			3.2° F.

Mittlere Abweichung 1.9° C.
Maximalabweichung 4.2° C.
Finsternissamplitude 3.2° C.

(4) **Nagpur Observatory.**

Finsternissanfang $12^h\ 1^m$ Madr. Z.
Totalität $1^h\ 28^m$
Ende $2^h\ 54^m$
(O. Z. -4^m)

[1]) l. c. Taf. 4. [2]) l. c. S. 6.
[3]) Die eingeklammerten Werthe sind interpolirte.

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$12^h\ 4^m$	81.5° F.	80.9° F.	—0.6° F.
9	81.7	(81.2)	—0.5
14	81.9	81.4	—0.5
19	82.1	81.8	—0.3
24	82.3	82.2	—0.1
29	82.5	81.2	—1.3
34	82.7	81.1	—1.6
39	82.8	82.0	—0.8
44	83.0	81.2	—1.8
49	83.2	81.5	—1.7
54	83.3	80.9	—2.4
59	83.4	80.7	—2.7
$1^h\ 4^m$	83.6	81.0	—2.6
9	83.7	80.9	—2.8
14	83.9	80.6	—3.3
19	84.0	80.2	—3.8
24	84.2	79.5	—4.7
29	84.3	76.2	—8.1
34	84.4	76.4	—8.0
39	84.5	76.3	—8.2
44	84.6	77.2	—7.4
49	84.7	77.7	—7.0
54	84.8	77.9	—6.9
59	84.8	78.1	—6.7
$2^h\ 4^m$	84.9	79.2	—5.7
9	85.0	79.6	—5.4
14	85.1	80.0	—5.1
19	85.1	80.2	—4.9
24	85.2	80.2	—5.0
29	85.2	80.2	—5.0
34	85.2	80.3	—4.9
39	85.2	81.2	—4.0
44	85.1	81.2	—3.9
49	85 1	81.2	—3.9
$2^h\ 54^m$	85.1° F.	82 0° F.	—3.1° F.
			3.8° F.

Mittlere Abweichung 2.1° C.
Maximalabweichung 4.6° C.
Finsternissamplitude 3.3° C.

[1]) l. c. Taf. 4. [2]) l. c. S. 7.

(8) **Ratnagiri.**

Finsternissanfang $11^h\ 44^m$ Madr. Z.
Totalität $1^h\ 12^m$
Ende $2^h\ 40^m$
(O. Z. — 27^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$11^h\ 42^m$	86.9° F.	86.6° F.	—0.3° F.
52	87.4	87.4	—0.0
$12^h\ 2^m$	87.7	87.6	—0.1
12	88.0	87.3	—0.7
22	88.3	86.9	—1.4
32	88.6	86 7	—1.9
42	88.9	85.8	—3.1
52	89.1	85.2	—3.9
$1^h\ 2^m$	89.2	83.6	—5.6
12	89.3	82.3	—7.0
22	89.4	81.2	—8.2
32	89.4	81.3	—8.1
42	89.4	82.1	—7.3
52	89.4	82.9	—6.5
$2^h\ 2^m$	89.3	83.4	—5.9
12	89.1	83 9	—5.2
22	88.9	84.5	—4.4
32	88.8	85.0	—3.8
$2^h\ 42^m$	88.6° F.	85.4° F.	—3.2° F.
			4.2° F.

Mittlere Abweichung 2.3° C.
Maximalabweichung 4.6° C.
Finsternissamplitude 3.6° C.

(10) **Muzaffarpur.**

Finsternissanfang $12^h\ 22^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 38^m$
Ende $2^h\ 54^m$
(O. Z. + 21^m)

[1]) l. c. Taf. 4. [2]) l. c. S. 11.

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
12h 24m	75.8° F.	75.4° F.	—0.4° F.
29	76.0	75.1	—0.9
34	76.0	75.1	—1.0
39	76.2	75.4	—0.8
44	76.3	75.4	—0.9
49	76.5	75.1	—1.4
54	76.6	75.1	—1.5
59	76.7	74.9	—1.8
1h 4m	76.8	74.9	—1.9
9	76.9	74.4	—2.5
14	77.0	74.4	—2.6
19	77.1	73.9	—3.2
24	77.2	73.9	—3.3
29	77.3	72.9	—4.4
34	77.4	71.7	—5.7
39	77.4	69.9	—7.5
44	77.5	69.8	—7.7
49	77.6	69.8	—7.8
54	77.6	69.7	—7.9
59	77.7	(70.2)	—7.5
2h 4m	77.7	(70.6)	—7.1
9	77.8	71.1	—6.7
14	77.8	(71.9)	—5.9
19	77.8	(72.6)	—5.2
24	77.8	73.4	—4.4
29	77.8	(73.7)	—4.1
34	77.8	(74.1)	—3.7
39	77.8	74.4	—3.4
44	77.7	(74.4)	—3.3
49	77 7	(74 4)	—3.3
2h 54m	77.7° F.	74.4° F.	—3.3
			3.9° F.

Mittlere Abweichung 2.2° C.
Maximalabweichung 4.4° C.
Finsternissamplitude 3.2° C.

(14) **Jubbulpore.**

Finsternissanfang 12h 5m Madr. Z.
Grösste Phase 1h 30m
Ende 2h 56m
(O. Z. — 1m)

[1]) l. c. Taf. 4. [2]) l. c. S. 13.

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
12h 5m	76.3° F.	75.4° F.	—0.9° F.
10	76.7	75.9	—0.8
15	77.0	76.4	—0.6
20	77.2	76.5	—0.7
25	77.6	77.4	—0.2
30	77.8	77.7	—0.1
35	78.0	77.8	—0.2
40	78.3	77.6	—0.7
45	78.5	77.4	—1.1
50	78.6	77.2	—1.4
55	78.8	77.0	—1.8
1h 0m	79.0	76.8	—2 2
5	79.2	76.6	—2.6
10	79.3	76.2	—3.1
15	79.5	75.8	—3.7
20	79.6	75.2	—4.4
25	79.7	74.2	—5.5
30	79.8	74.1	—5.7
35	79.9	73.4	—6.5
40	80.0	72.6	—7.4
45	80.1	72.0	—8.1
50	80.2	71.2	—9.0
55	80.3	72.6	—7.7
2h 0m	80.4	73.0	—7.4
5	80.4	73.8	—6.6
10	80.5	74.2	—6.3
15	80.6	75.0	—5.6
20	80.6	75.4	—5.2
25	80.6	76.0	—4.6
30	80.6	76.2	—4.4
35	80.6	77.0	—3.6
40	80.6	77.2	—3.4
45	80.5	77.4	—3.1
50	80.5	(78.1)	—2.4
2h 55m	80.5° F.	(78.2)° F.	—2.3° F.
			3.7° F.

Mittlere Abweichung 2.1° C.
Maximalabweichung 5.0° C.
Finsternissamplitude 3.8° C.

[1]) l. c. Taf. 4.
[2]) l. c. S. 17.

(15) **Sholapur.**

Finsternissanfang $11^h\ 50^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 18^m$
Ende $2^h\ 46^m$
(O. Z. — 17^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$11^h\ 52^m$	80.7° F.	80.0° F.	—0.7° F.
57	81.1	80.7	—0.4
$12^h\ 2^m$	81.3	80.7	—0.6
7	81.5	81.2	—0.3
12	81.8	80.2	—1.6
17	82.0	80.9	—1.1
22	82.1	80.8	—1.3
27	82.3	80.8	—1.5
32	82.5	82.1	—0.4
37	82.7	80.7	—2.0
42	82.8	81.7	—1.1
47	83.1	81.2	—1.9
52	83.2	81.5	—1.7
57	83.5	80.7	—2.8
$1^h\ 2^m$	83.6	79.9	—3.7
7	83.8	79.9	—3.9
12	84.0	79.7	—4.3
17	84.2	79.6	—4.6
22	84.3	79.0	—5.3
27	84.6	78.7	—5.9
32	84.7	78.7	—6.0
37	84.8	79.4	—5.4
42	85.0	79.9	—5.1
47	85.1	80.0	—5.1
52	85.2	80.2	—5.0
57	85.4	80.4	—5.0
$2^h\ 2^m$	85 6	81.3	—4.3
7	85.7	81.5	—4.2
12	85.8	81.3	—4.5
17	85.9	81.3	—4.6
22	86.0	82.2	—3.8
27	86.1	82.8	—3.3
32	86.2	81.9	—4.3
37	86.3	82.8	—3.5
42	86.4	83.4	—3.0
$2^h\ 47^m$	86.5° F.	83.0° F.	—3.5° F.
			3.2° F.

[1]) l. c. Taf. 5. [2]) l. c. S. 18.

Mittlere Abweichung 1.8° C.
Maximalabweichung 3.3° C.
Finsternissamplitude 2.6° C.

(19) **Chikalda.**

Finsternissanfang $12^h\ 1^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 25^m$
Ende $2^h\ 49^m$
(O. Z. — 11^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$11^h\ 56^m$	75.0° F.	75.5° F.	+0.5° F.
$12^h\ 11^m$	75.4	75.5	+0.1
26	75.7	75.9	+0.2
41	76.0	75.9	—0.1
56	76.3	75.1	—1.2
$1^h\ 11^m$	76.5	74.8	—1.7
26	76.7	73.5	—3.2
41	76.9	71.5	—5.4
56	77.1	68.5	—8.2
$2^h\ 11^m$	77.2	69.9	—7.3
26	77.3	71.1	—6.2
41	77.4	71.9	—5.5
$2^h\ 56^m$	77.4° F.	72.9° F.	—4.5° F.
			3.3° F.

Mittlere Abweichung 1.8° C.
Maximalabweichung 4.6° C.
Finsternissamplitude 3.9° C.

(21) **Allahabad.**

Finsternissanfang $12^h\ 23^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 37$ f.^{m}
Ende $2^h\ 50^m$
(O. Z. + 7^m)

[1]) l. c. S. Taf. 5. [2]) l. c. S. 22.

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$12^h\,23^m$	77.7° F.	77.7° F.	—0.0° F.
28	77.8	(77.7)	—0.1
33	78.0	(77.8)	—0.2
38	78.1	77.8	—0.3
43	78.2	(77.8)	—0.4
48	78.4	(77.8)	—0.6
53	78.6	77.8	—0.8
58	78.7	77.2	—1.5
$1^h\,3^m$	78.8	77.2	—1.6
8	78.9	77.2	—1.7
13	79.0	76.7	—2.3
18	79.1	76.2	—2.9
23	79.2	76.0	—3.2
28	79.3	75.2	—4.1
33	79.4	74.7	—4.7
38	79.5	74.2	—5.3
43	79.5	73.7	—5.8
48	79.5	73.2	—6.3
53	79.6	73.2	—6.4
58	79.6	73.2	—6.4
$2^h\,3^m$	79.6	73.8	—5.8
8	79.6	74.2	—5.4
13	79.6	74.2	—5.4
18	79.6	74.8	—4.8
23	79.6	75.2	—4.4
28	79.6	75.2	—4.4
33	79.6	76.2	—3.4
38	79.6	77.0	—2.6
43	79.6	77.2	—2.4
$2^h\,48^m$	79.6° F.	77.2° F.	—2.4° F.
			3.2° F.

Mittlere Abweichung 1.8° C.
Maximalabweichung 3.6° C.
Finsternissamplitude 2.6° C.

(22) Poona.

Finsternissanfang $11^h\,47^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,19^m$
Ende $2^h\,41^m$
(O. Z. — 7^m)

[1]) l. c. Taf. 5. [2]) l. c. S. 24.

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$11^h\,54^m$	81.2° F.	81.2° F.	—0.0° F.
$12^h\,9^m$	82.5	82.5	—0.0
24	83.4	80.7	—2.7
39	84.3	80.5	—3.8
54	84.9	80.4	—4.5
$1^h\,9^m$	85.4	78.7	—6.7
24	86.0	78.2	—7.8
39	86.3	78.8	—7.5
54	86.7	79.7	—7.0
$2^h\,9^m$	86.9	81.1	—5.8
24	87.2	81.8	—5.4
$2^h\,39^m$	87.4° F.	82.7° F.	—4.7° F.
			4.7° F.

Mittlere Abweichung 2.6° C.
Maximalabweichung 4.3° C.
Finsternissamplitude 2.5° C.

(23) Pachmarhi.

Finsternissanfang $12^h\,7^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,30^m$
Ende $2^h\,52^m$
(O. Z. — 7^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[3])	thats. Temp.[4])	Abweichung
$12^h\,7^m$	72.7° F.	73.5° F.	+0.8° F.
12	72.9	72.5	—0.4
17	73.0	72.1	—0.9
22	73.1	72.5	—0.6
27	73.2	72.1	—1.1
32	73.3	72.8	—0.5
37	73.5	72.8	—0.7
42	73.6	72.2	—1.4
47	73.7	72.4	—1.3
52	73.7	72.0	—1.7
57	73.8	72.0	—1.8
$1^h\,2^m$	73.9	71.9	—2.0
7	74.0	70.8	—3.2
$1^h\,12^m$	74.0° F.	70.5° F.	—3.5° F.

[1]) l. c. Taf. 5. [2]) l. c. S. 25.
[3]) l. c. Taf. 5. [4]) l. c. S. 26.

Madr. Z.	wahrsch. Temp.	thats. Temp.	Abweichung
$1^h\ 17^m$	74.1° F.	70.0° F.	—4.1° F.
22	74.1	69.7	—4.4
27	74.2	67.5	—6.8
32	74 3	67.2	—7.1
37	74.3	66.0	—8.3
42	74.3	66.0	—8.3
47	74.3	66.0	—8.3
52	74.4	66.1	—8.3
57	74.4	67.0	—7.4
$2^h\ 2^m$	74.4	67.2	—7.2
7	74.5	68.2	—6.3
12	74.5	68.2	—6.3
17	74.5	69.0	—5.5
22	74.5	69.2	—5.3
27	74.5	69.9	—4.6
32	74.5	70.0	—4.5
37	74.5	71.0	—3.5
42	74.4	71.0	—3.4
47	74.4	70.8	—3.6
$2^h\ 52^m$	74.4° F.	71.0° F.	—3.4° F.
			4.0° F.

Mittlere Abweichung 2.2° C.
Maximalabweichung 4.6° C.
Finsternissamplitude 4.2° C.

(24) Buldana.

Finsternissanfang $11^h\ 58^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 28^m$
Ende $2^h\ 58^m$
(O. Z. — 16^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$12^h\ 1^m$	81.9° F.	81.7° F.	—0.2° F.
6	82.1	(82.3)	+0.2
11	82.2	(82.3)	+0.1
16	82.3	81.9	—0.4
$12^h\ 21^m$	82.4° F.	81.6° F.	—0.8° F.

[1]) l. c. Taf. 5. [2]) l. c. S. 27.

Madr. Z.	wahrsch. Temp.	thats. Temp.	Abweichung
$12^h\ 26^m$	82.5° F.	81.7° F.	—0.8° F.
31	82.6	82.0	—0 6
36	82.7	82.0	—0.7
41	82.8	81.6	—1.2
46	82.9	81.5	—1.4
51	83.1	81.3	—1.8
56	83.2	80.7	—2.5
$1^h\ 1^m$	83.3	80.6	—2.7
6	83.4	80 0	—3.4
11	83.5	79.5	—4.0
16	83.6	79.3	—4.3
21	83 7	(78.8)	—4.9
26	83.7	(77.9)	—5.8
31	83 8	(77.2)	—6.6
36	83.9	76.7	—7.2
41	84.0	(77.0)	—7.0
46	84.1	77.3	—6.8
51	84.1	(77.8)	—6.3
56	84.2	(78.4)	—5.8
$2^h\ 1^m$	84.3	(78.5)	—5.8
6	84.4	78.7	—5.7
11	84.4	(78.9)	—5.5
16	84.4	79.0	—5.4
21	84.5	79.8	—4.7
26	84.6	80.4	—4.2
31	84.6	79.9	—4.7
36	84.6	80.5	—4.1
41	84.7	80.5	—4.2
46	84.7	80.5	—4.2
$2^h\ 51^m$	84.7° F.	(80.6)° F.	—4.1° F.
			3.6° F.

Mittlere Abweichung 2.0° C.
Maximalabweichung 4.0° C.
Finsternissamplitude 3.2° C.

(26) Belgaum.

Finsternissanfang $11^h\ 45^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 10^m$
Ende $2^h\ 35^m$
(O. Z. — 22^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$11^h\,45^m$	78.0° F.	77.5° F.	—0.5° F.
50	78.3	78.5	+0.2
55	78.5	(78.6)	+0.1
$12^h\ 0^m$	78.7	(78.5)	—0.2
5	78 9	(78.6)	—0.3
10	79.0	(78.3)	—0.7
15	79.2	(77.9)	—1.3
20	79.4	(77.6)	—1.8
25	79.5	(77.6)	—1.9
30	79.7	(77.8)	—1.9
35	79.9	77.5	—2.4
40	80.0	76.9	—3.1
45	80.2	76.8	—3.4
50	80.4	(76.8)	—3.6
55	80.5	76.7	—3.8
$1^h\ 0^m$	80.7	(76.0)	—4.7
5	80.9	75.5	—5.4
10	81.0	75.1	—5.9
15	81.1	74.4	—6.7
20	81.3	(74.0)	—7.3
25	81.4	(73.8)	—7.6
30	81.5	(73.7)	—7.8
35	81.6	(73.7)	—7.9
40	81.7	74.1	—7.6
45	81.9	74.2	—7.7
50	82.0	(74.7)	—7.3
55	82.1	(74.8)	—7.3
$2^h\ 0^m$	82.2	(75.7)	—6.5
5	82.3	75.8	—6.5
10	82.4	76.6	—5.8
15	82.4	76.8	—5.6
20	82.5	(77.4)	—5.1
25	82.6	(77.7)	—4.9
30	82.6	(77.9)	—4.7
$2^h\,35^m$	82.7° F.	(78.5)° F.	—4.2° F.
			4.3° F.

Mittlere Abweichung 2.4° C.
Maximalabweichung 4.4° C.
Finsternissamplitude 2.8° C.

[1]) l. c. Taf. 6. [2]) l. c. S. 29.

(29) **Hoshangabad.**

Finsternissanfang $12^h\,15^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,35^m$
Ende $2^h\,55^m$
(O. Z. — 10^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$12^h\,15^m$	79.4° F.	(79.2°) F.	—0.2° F.
20	79.6	79.4	—0.2
25	80.0	79.9	—0.1
30	80.3	80.4	+0.1
35	80.5	80.7	+0.2
40	80.7	80.5	—0.2
45	80.9	79.9	—1.0
50	81.1	79.9	—1.2
55	81.4	79.9	—1.5
$1^h\ 0^m$	81.5	79.9	—1.6
5	81.7	79.7	—2.0
10	81.9	78.1	—3.8
15	82.0	77.9	—4.1
20	82.1	77.7	—4.4
25	82.2	77.5	—4.7
30	82.3	76.7	—5.6
35	82.4	75.5	—6.9
40	82.5	75.5	—7.0
45	82.6	75.3	—7.3
50	82.7	75.1	—7.6
55	82.7	75.3	—7.4
$2^h\ 0^m$	82.8	75.7	—7.1
5	82.9	75.9	—7.0
10	82.9	76.7	—6.2
15	83.0	77.7	—5.3
20	83.0	77.9	—5.1
25	83.1	78.3	—4.8
30	83.1	78.7	—4.4
35	83.1	79.7	—3.4
40	83.1	79.9	—3.2
45	83.1	80.1	—3.0
50	83.0	80.4	—2.6
$2^h\,55^m$	83.0° F.	80.7° F.	—2.3° F.
			3.7° F.

[1]) l. c. Taf. 6. [2]) l. c. S. 32.

Mittlere Abweichung 2.0° C.
Maximalabweichung 4.2° C.
Finsternissamplitude 3.1° C.

(32) **Purnea.**

Finsternissanfang $12^h\ 21^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 41^m$
Ende $3^h\ 1^m$
(O. Z. — 29^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$12^h\ 21^m$	76.2° F.	76.0° F.	—0.2° F.
26	76.4	(76.5)	+0.1
31	76.5	76.8	+0.3
36	76.6	76.2	—0.4
41	76.7	76.2	—0.5
46	76.8	(76.1)	—0.7
51	76.9	76.0	—0.9
56	77.0	75.8	—1.2
$1^h\ 1^m$	77.2	(75.8)	—1.4
6	77.3	(75.7)	—1.6
11	77.4	(75.5)	—1.9
16	77.5	75.4	—2.1
21	77.6	(75.1)	—2.5
26	77.7	(74.7)	—3.0
31	77.7	74.4	—3.3
36	77.8	(73.9)	—3.9
41	77.8	(73.3)	—4.5
46	77.9	(72.3)	—5.6
51	77.9	71.4	—6.5
56	77.9	70.8	—7.1
$2^h\ 1^m$	80.0	70.2	—9.8
6	80.0	70.0	—10.0
11	80.0	(70.1)	—9.9
16	80.0	(70.6)	—9.4
21	80.0	(71.2)	—8.8
26	80.0	71.8	—8.2
31	80.0	72.8	—7.2
36	80.0	(73.4)	—6.6
$2^h\ 41^m$	79.9° F.	(73.9)° F.	—6.0° F.
$2^h\ 46^m$	79.9° F.	74.2° F.	—5.7° F.
51	79.8	(74.8)	—5.0
56	79.7	75.3	—4.4
$4^h\ 1^m$	79.6° F.	75.3° F.	—4.3° F.
			4.3° F.

[1]) l. c. Taf. 6. [2]) l. c. S. 35.

Mittlere Abweichung 2.4° C.
Maximalabweichung 5.6° C.
Finsternissamplitude 3.8° C.

(33) **Karwar.**

Finsternissanfang $11^h\ 44^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 6^m$
Ende $2^h\ 39^m$
(O. Z. — 24^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$11^h\ 44^m$	82.4° F.	82.4° F.	0.0° F.
49	82.6	82.6	0.0
54	82.9	82.9	0.0
59	83.1	82.6	—0.5
$12^h\ 4^m$	83.3	82.0	—1.3
9	83.6	82.1	—1.5
14	83.8	82.6	—1.2
19	84.0	82.0	—2.0
24	84.3	81.9	—2.4
29	84.4	82.1	—2.3
34	84.5	81.5	—3.0
39	84.6	81.1	—3.5
44	84.8	80.9	—3.9
49	84.9	80.1	—4.8
54	85.0	78.9	—6.1
59	85.1	77.3	—7.8
$1^h\ 4^m$	85.2	77.1	—8.1
9	85.2	75.3	—9.9
14	85.3	74.4	—10.9
19	85.4	74.1	—11.3
$1^h\ 24^m$	85.5° F.	73.3° F.	—12.2° F.

[1]) l. c. Taf. 6. [2]) l. c. S. 36.

Madr. Z.	wahrsch. Temp.	thats. Temp.	Abweichung
$1^h\,29^m$	85.5° F.	74.2° F.	—11.3° F.
34	85.6	74.6	—11.0
39	85.7	75.5	—10.2
44	85.8	76.4	—9.4
49	85.9	77.3	—8.6
54	86.0	78.9	—7.1
59	86.1	79.5	—6.6
$2^h\,4^m$	86.1	80.4	—5.7
9	86.2	81.1	—5.1
14	86.3	81.6	—4.7
19	86.3	82.1	—4.2
24	86.4	82.4	—4.0
29	86.4	83.6	—2.8
35	86.5	84.1	—2.4
$2^h\,39^m$	86.5° F.	84.1° F.	—2.4° F.
			5.2° C.

Mittlere Abweichung 2.9° C.
Maximalabweichung 6.8° C.
Finsternissamplitude 5.3° C.[1])

(35) **Hazaribagh.**

Finsternissanfang $12^h\,20^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,38^m$
Ende $2^h\,56^m$
(O. Z. — 21^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[2])	thats. Temp.[3])	Abweichung
$12^h\,19^m$	75.5° F.	(74.9)° F.	—0.6° F.
24	75.6	74.9	—0.7
29	77.7	(75.9)	+0.2
34	75.9	75.6	—0.3
39	76.0	75.9	—0.1
44	76.1	75.8	—0.3
49	76.2	75.6	—0.6
$12^h\,54^m$	76.3° F.	75.2° F.	—1.1° F.

[1]) Ueber die besonderen Temperaturbedingungen Karwars s. Eliot l. c. S. 205.
[2]) l. c. Taf. 6. [3]) l. c. S. 38.

Madr. Z.	wahrsch. Temp.	thats. Temp.	Abweichung
$12^h\,59^m$	76.3° F.	75.5° F.	—0.8° F.
$1^h\,4^m$	76.4	75.9	—1.5
9	76.5	74.9	—1.6
14	76.6	74.6	—2.0
19	76.7	73.9	—2.8
24	76.7	73.4	—3.3
29	76.8	72.9	—3.9
34	76.9	72.6	—4.3
39	76.9	71.9	—5.0
44	76.9	71.5	—5.4
49	77.0	70.9	—6.1
54	77.0	70.6	—6.4
59	77.0	70.5	—6.5
$2^h\,4^m$	77.0	70.6	—6.4
9	77.1	70.9	—6.2
14	77.0	71.3	—5.7
19	77.0	71.7	—5.3
24	77.0	72.0	—5.0
29	77.0	72.6	—4.4
34	77.0	73.3	—3.7
39	77.0	73.6	—3.4
44	76.9	73.6	—3.3
49	76.8	73.9	—2.9
$2^h\,54^m$	76.7° F.	74.0° F.	—2.7° F.
			3.2° F.

Mittlere Abweichung 1.8° C.
Maximalabweichung 3.6° C.
Finsternissamplitude 3.6° C.

(40) **Lucknow.**

Finsternissanfang $12^h\,12^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,29^m$
Ende $2^h\,47^m$
(O.-Z — 3^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$12^h\,12^m$	77.5° F.	77.5° F.	0.0° F.
$12^h\,17^m$	77.6° F.	77.6° F.	0.0° F.

[1]) l. c. Taf. 7. [2]) l. c. S. 43.

Madr. Z.	wahrsch. Temp.	thats. Temp.	Abweichung
$12^h\,22^m$	77.8° F.	77.8° F.	0.0° F.
27	78.0	78.0	0.0
32	78.2	(78.0)	—0.2
37	78.3	(78.1)	—0.2
42	78.5	78.1	—0.4
47	78.6	(78.1)	—0.5
52	78.8	(78.2)	—0.6
57	79.0	78.2	—0.8
$1^h\ 2^m$	79.1	78.0	—1.1
7	79.2	76.6	—2.6
12	79.3	76.5	—2.8
17	79.4	76.2	—3.2
22	79.5	74.9	—4.6
27	79.6	74.8	—4.8
32	79.7	74.7	—5.0
37	79.8	74.5	—5.3
42	79.9	74.1	—5.8
47	80.0	74.0	—6.0
52	80.0	74.0	—6.0
57	80.1	74.1	—6.0
$2^h\ 2^m$	80.1	74.3	—5.8
7	80.1	(74.7)	—5.4
12	80.1	(74.9)	—5.2
17	80.1	75.2	—4.9
22	80.1	(75.8)	—4.3
27	80.1	(76.4)	—3.7
32	80.1	77.0	—3.1
37	80.1	(77.2)	—2.9
42	80.1	(77.3)	—2.8
$2^h\,47^m$	80.1° F.	77.5° F.	—2.6° F.
			3.0° F.

Mittlere Abweichung 1.7° C.
Maximalabweichung 3.3° C.
Finsternissamplitude 2.3° C.

(46) **Mangalore.**

Finsternissanfang $11^h\ 55^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 10^m$
Ende $2^h\ 25^m$
(O. Z. $-\ 21^m$)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$11^h\,56^m$	85.6° F.	85.2° F.	—0.4° F.
$12^h\ 1^m$	86.7	85.1	—0.6
6	85.8	85.1	—0.7
11	86.0	85.3	—0.7
16	86.0	85.0	—1.0
21	86.1	84.2	—1.9
26	86.1	83.7	—2.4
31	86.2	84.0	—2.2
36	86.3	83.8	—2.5
41	86.3	83.4	—2.9
46	86.3	82.8	—3.5
51	86.3	82.5	—3.8
56	86.3	82.5	—3.8
$1^h\ 1^m$	86.3	82.1	—4.2
6	86.3	81.8	—4.5
11	86.2	81.3	—4.9
16	86.2	81.2	—5.0
21	86.2	80.9	—5.3
26	86.1	81.1	—5.0
31	86.1	80.9	—5.2
36	86.1	81.0	—5.1
41	86.0	81.2	—4.8
46	86.0	81.6	—4.4
51	85.9	81.6	—4.3
56	85.9	82.2	—3.7
$2^h\ 1^m$	85.8	82.2	—3.6
6	85.8	82.4	—3.4
11	85.7	82.8	—2.9
16	85.6	83.2	—2.4
21	85.6	83.2	—2.4
$2^h\,26^m$	85.5° F.	83.5° F.	—2.0° F.
			3.2° F.

Mittlere Abweichung 1.8° C.
Maximalabweichung 3.0° C.
Finsternissamplitude 2.4° C.

[1]) l. c. Taf. 7.
[2]) l. c. S. 49.

(50) **Agra.**

Finsternissanfang $12^h\ 9^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 33^m$
Ende $2^h\ 56^m$

(O. Z. -9^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$12^h\ 9^m$	79.2° F.	78.2° F.	—1.0° F.
14	79.5	77.4	—2.1
19	79.7	77.7	—2.0
24	79.9	78.2	—1.7
29	80.2	78.2	—2.0
34	80.4	78.3	—2.1
39	80.6	79.1	—1.5
44	80.8	79.2	—1.6
49	81.0	79.3	—1.7
54	81.2	78.7	—2.5
59	81.4	79.2	—2.2
$1^h\ 4^m$	81.6	79.2	—2.4
9	81.7	78.2	—3.5
14	81.8	77.7	—4.1
19	82.0	77.0	—5.0
24	82.1	77.2	—4.9
29	82.3	77.2	—5.1
34	82.5	76.2	—6.3
39	82.6	75.6	—7.0
44	82.7	75.2	—7.5
49	82.9	75.0	—7.9
54	83.0	74.9	—8.1
59	83.1	75.2	—7.9
$2^h\ 4^m$	83.3	75.9	—7.4
9	83.4	76.8	—6.6
14	83.5	76.8	—6.7
19	83.6	77.2	—6.4
24	83.7	78.2	—5.5
29	83.7	78.2	—5.5
34	83.8	79.2	—4.6
39	83.9	79.6	—4.3
44	83.9	80.3	—3.6
49	84.0	80.5	—3.5
$2^h\ 54^m$	84.1° F.	80.4° F.	—3.7° F.
			4.4° F.

Mittlere Abweichung 2.4° C.
Maximalabweichung 4.5° C.
Finsternissamplitude 3.2° C.

[1]) l. c. Taf. 8. [2]) l. c. S. 53.

(55) **Bijapur.**

Finsternissanfang $11^h\ 47^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 14^m$
Ende $2^h\ 44^m$

(O. Z. -18^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$11^h\ 45^m$	79.4° F.	79.3° F.	—0.1° F.
55	79.8	79.4	—0.4
$12^h\ 5^m$	80.1	79.3	—0.8
15	80.5	80.0	—0.5
25	80.8	79.5	—1.3
35	81.2	79.3	—1.9
45	81.5	79.1	—2.4
55	81.9	78.5	—3.4
$1^h\ 5^m$	82.2	77.5	—4.7
15	82.5	76.5	—6.0
25	82.8	75.7	—7.1
35	83.1	76.2	—6.9
45	83.4	77.2	—6.2
55	83.7	77.4	—6.3
$2^h\ 5^m$	83.8	77.7	—6.1
15	84.1	78.1	—6.0
25	84.3	78.7	—5.6
35	84.5	80.0	—4.5
45	84.6	80.6	—4.0
$2^h\ 55^m$	84.7° F.	80.8° F.	—3.9° F.
			3.9° F.

Mittlere Abweichung 2.2° C.
Maximalabweichung 4.0° C.
Finsternissamplitude 2.8° C.

[1]) l. c. Taf. 6. [2]) l. c. S. 58.

(61) **Dhubri.**

Finsternissanfang $12^h\ 32^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 52^m$
Ende $3^h\ 12^m$
(O. Z. $+38^m$)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$12^h\ 32^m$	75.4° F.	75.0° F.	—0.4° F.
42	75.7	75.1	—0.6
52	76.0	76.4[3])	+0.4
$1^h\ 2^m$	76.3	75.9	—0.4
12	76.6	75.7	—0.9
22	76.9	75.5	—1.4
32	77.2	74.7	—2.5
42	77.3	74.2	—3.1
52	77.6	73.3	—4.3
$2^h\ 2^m$	77.7	71.8	—5.9
12	77.7	72.2	—5.5
22	77.8	72.1	—5.7
32	77.7	73.5	—4.2
42	77.7	74.4	—3.3
52	77.6	74.6	—3.0
$3^h\ 2^m$	77.5	75:3	—2.2
$3^h\ 12^m$	77.3° F.	75.3° F.	—2.0° F.
			2.7° F.

Mittlere Abweichung 1.5° C.
Maximalabweichung 3.3° C.
Finsternissamplitude 2.6° (bez. 2.3°) C.

(64) **Bellary.**

Finsternissanfang $11^h\ 48^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 16^m$
Ende $2^h\ 56^m$
(O. Z. -13^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$11^h\ 45^m$	81.4° F.	81.3° F.	—0.1° F.
$12^h\ 0^m$	81.9	82.6	+0.7
15	82.3	81.1	—1.2
30	82.7	81.7	—1.0
45	83.1	80.7	—2.4
$1^h\ 0^m$	83.4	79.7	—3.7
15	83.7	78.7	—5.0
30	83.9	78.7	—5.2
45	84.1	79.3	—4.8
$2^h\ 0^m$	84.3	80.7	—3.6
15	84.4	81.7	—2.7
30	84.5	81.7	—2.8
$2^h\ 45^m$	84.6° F.	81.7° F.	—2.9° F.
			2.7° F.

Mittlere Abweichung 1.5° C.
Maximalabweichung 2.9° C.
Finsternissamplitude 2.2° C.

(65) **Surat.**

Finsternissanfang $11^h\ 51^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 18^m$
Ende $2^h\ 45^m$
(O. Z. -30^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[3])	thats. Temp.[4])	Abweichung
$11^h\ 55^m$	88.6° F.	87.9° F.	—0.7° F.
$12^h\ 0^m$	88.7	88.4	—0.3
5	88.9	89.1	+0.2
10	89.2	88.5	—0.7
15	89.4	89.5	+0.1
20	89.6	89.8	+0.2
25	89.7	89.5	—0.2
30	90.0	89.5	—0.5
$12^h\ 35^m$	90.1° F.	89.0° F.	—1.1° F.

[1]) l. c. Taf. 7.
[2]) l. c. S. 64.
[3]) Druckfehler für 75,4°? Der Unterschied übt auf das Resultat in C.° keinen Einfluss aus.

[1]) l. c. Taf. 7. [2]) l. c. S. 67.
[3]) l. c. Taf. 7. [4]) l. c. S. 68.

Madr. Z.	wahrsch. Temp.	thats. Temp.	Abweichung
$12^h\,40^m$	90.3° F.	88.9° F.	—1.4° F.
45	90.5	89.2	—1.3
50	90.6	88.8	—1.8
55	90.8	89.2	—1.6
$1^h\ 0^m$	91.0	88.5	—2.5
5	91.1	88.3	—2.8
10	91.3	87.9	—3.4
15	91.4	86.6	—4.8
20	91.5	85.6	—5.9
25	91.7	85.6	—6.1
30	91.8	84.6	—7.2
35	91.9	84.4	—7.5
40	92.0	84.4	—7.6
45	92.1	84.8	—7.3
50	92.2	85.2	—7.0
55	92.3	85.9	—6.4
$2^h\ 0^m$	92.4	85.9	—6.5
5	92.4	85.8	—6.6
10	92.5	85.6	—6.9
15	92.6	86.1	—6.5
20	92.6	88.5	—4.1
25	92.7	87.2	—5.5
30	92.7	87.6	—5.1
35	92.8	88.0	—4.8
40	92.8	88.1	—4.7
$2^h\,45^m$	92.8° F.	88.7° F.	—4.1° F.
			3.8° F.

Mittlere Abweichung 2.1° C.
Maximalabweichung 4.2° C.
Finsternissamplitude 3.0° C.

(67) **Kurnool.**

Finsternissanfang $11^h\,54^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,23^m$
Ende $2^h\,52^m$
(O. Z. -9^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1]	thats. Temp.[2]	Abweichung
$11^h\,55^m$	84.0° F.	(84.0)° F.	0.0° F.
$12^h\ 0^m$	84.1	82.0	—2.1
5	84.3	84.0	—0.3
10	84.4	84.0	—0.4
15	84.5	83.7	—0.8
20	84.6	83.0	—1.6
25	84.7	82.4	—2.3
30	84.8	83.2	—1.6
35	84.9	84.0	—0.9
40	85.1	83.1	—2.0
45	85.2	83.0	—2.2
50	85.3	82.0	—3.3
55	85.4	81.5	—3.9
$1^h\ 0^m$	85.4	82.5	—2.9
5	85.5	81.8	—3.7
10	85.6	81.0	—4.6
15	85.6	80.8	—4.8
20	85.7	81.0	—4.7
25	85.7	79.9	—5.8
30	85.8	79.9	—5.9
35	85.8	79.3	—6.5
40	85.9	79.7	—6.2
45	86.1	79.9	—6.2
50	86.1	81.0	—5.1
55	86.2	83.0	—3.2
$2^h\ 0^m$	86.2	82.0	—4.2
5	86.3	82.0	—4.3
10	86.3	83.0	—3.3
15	86.4	83.3	—3.1
20	86.4	83.2	—3.2
25	86.4	84.0	—2.4
30	86.4	83.0	—3.4
35	86.4	84.6	—1.8
40	86.4	84.0	—2.4
45	86.4	84.9	—1.5
$2^h\,50^m$	86.4° F.	85.4° F.	—1.0° F.
			3.1° F.

Mittlere Abweichung 1.7° C.
Maximalabweichung 3.6° C.
Finsternissamplitude 3.4° C.

[1]) l. c. Taf. 7. [2]) l. c. S. 70.

(76) **Sibsagar.**

Finsternissanfang $12^h\ 47^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 57^m$
Ende $3^h\ 7^m$
(O. Z. + 58^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$12^h\ 47^m$	72.9°F.	72.7°F.	—0.2°F.
52	73.0	(72.8)	—0.2
57	73.1	(73.0)	—0.1
$1^h\ 2^m$	73.2	73.1	—0.1
7	73.3	73.0	—0.3
12	73.5	72.9	—0.6
17	73.5	72.8	—0.7
22	73.6	72.6	—1.0
27	73.7	72.3	—1.4
32	73.8	71.9	—1.9
37	73.9	71.7	—2.2
42	74.0	71.2	—2.8
47	74.1	71.1	—3.0
52	74.1	71.0	—3.1
57	74.2	70.9	—3.3
$2^h\ 2^m$	74.2	70.0	—4.2
7	74.3	70.0	—4.3
12	74.2	69.8	—4.4
17	74.2	70.0	—4.2
22	74.2	69.5	—4.7
27	74.1	69.5	—4.6
32	74.0	69.6	—4.0
37	73.9	69.8	—4.1
42	73.7	70.0	—3.7
47	73.6	70.3	—3.3
52	73.5	70.9	—2.6
57	73.4	70.9	—2.5
$3^h\ 2^m$	73.3	70.3	—3.0
$3^h\ 7^m$	73.2°F.	71.2°F.	—2.0°F.
			2.5°F.

Mittlere Abweichung 1.4° C.
Maximalabweichung 2.6° C.
Finsternissamplitude 2.0° C.

[1]) l. c. Taf. 8. [2]) l. c. S. 79.

(78) **Calcutta (Alipore).**

Finsternissanfang $12^h\ 26^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 45^m$
Ende $3^h\ 3^m$
(O. Z. + 32^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$12^h\ 28^m$	78.9°F.	78.0°F.	—0.9°F
33	79.0	78.3	—0.7
38	79.2	78.8	—0.4
43	79.3	78.6	—0.7
48	79.4	78.8	—0.6
53	79.6	78.7	—0.9
58	79.7	78.4	—1.3
$1^h\ 3^m$	79.8	78.4	—1.4
8	79.9	78.2	—1.7
13	80.0	78.1	—1.9
18	80.1	77.8	—2.3
23	80.2	77.6	—2.6
28	80.3	77.5	—2.8
33	80.3	77.5	—2.8
38	80.4	77.3	—3.1
43	80.4	77.1	—3.3
48	80.5	76.5	—4.0
53	80.6	76.0	—4.6
58	80.6	75.7	—4.9
$2^h\ 3^m$	80.6	75.8	—4.8
8	80.6	75.7	—4.9
13	80.7	75.6	—5.1
18	80.6	75.9	—4.7
23	80.6	76.2	— 4.4
28	80.6	76.5	—4.1
33	80.6	77.2	— 3.4
38	80.5	77.2	—3.3
43	80.5	77.3	— 3.2
48	80.4	77.5	—2.9
53	80.3	77.6	—2.7
58	80.3	77.7	—2.6
$3^h\ 3^m$	80.2°F.	77.7°F.	—2.5°F.
			2.8°F.

[1]) l. c. Taf. 8. [2]) l. c. S. 81.

Mittlere Abweichung 1.6° C.
Maximalabweichung 2.8° C.
Finsternissamplitude 1.8° C.

(80) **Veraval.**

Finsternissanfang $11^h\ 40^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 7^m$
Ende $2^h\ 35^m$

(O. Z. — 39^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$11^h\ 40^m$	85.8°F.	83.2°F.	—2.6°F.
45	85.5	82.0	—3.5
50	84.9	82.0	—2.9
55	84.5	81.7	—2.8
$12^h\ 0^m$	84.3	81.4	—2.9
5	83.9	81.7	—2.2
10	83.7	81.2	—2.5
15	83.5	80.0	—3.5
20	83.3	79.6	—3.7
25	83.1	79.2	—3.9
30	83.0	79.0	—4.0
35	82.9	79.0	—3.9
40	82.8	78.8	—4.0
45	82.7	78.4	—4.3
50	82.6	78.0	—4.6
55	82.5	77.8	—4.5
$1^h\ 0^m$	82.4	77.6	—4.6
5	82.4	77.4	—4.8
10	82.3	77.2	—4.9
15	82.3	77.0	—5.1
20	82.2	77.0	—5.2
25	82.1	76.8	—5.1
30	82.1	76.8	—5.3
35	82.1	76.7	—5.3
40	82.1	76.9	—5.4
45	82.1	77.0	—5.2
50	82.1	77.0	—5.1
55	82.1	77.2	—5.1
$2^h\ 0^m$	82.1°F.	77.7°F.	—4.9°F.
$2^h\ 5^m$	82.1°F.	77.7°F.	—4.4°F.
10	82.1	77.8	—4.3
15	82.1	77.9	—4.2
20	82.1	78.0	—4.1
25	82.1	78.1	—4.0
30	82.1	78.2	—3.9
$2^h\ 35^m$	82.1°F.	78.2°F.	—3.9°F.
			4.2°F.

Mittlere Abweichung 2.3° C.
Maximalabweichung 3.0° C.
Finsternissamplitude 3.6° C.

[1]) l. c. Taf. 8. [2]) l. c. S. 83.

(81) **Cuttack.**

Finsternissanfang $12^h\ 17^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 31^m$
Ende $2^h\ 45^m$

(O. Z. + 21^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$12^h\ 17^m$	81.3°F.	81.0°F.	—0.3°F
22	81.4	81.0	—0.4
27	81.5	81.0	—0.5
32	81.7	81.9	+0.2
37	81.9	81.5	—0.4
42	82.0	81.7	—0.3
47	82.1	81.4	—0.7
52	82.3	81.4	—0.9
57	82.4	81.0	—1.4
$1^h\ 2^m$	82.5	80.9	—1.6
7	82.6	81.0	—1.6
12	82.7	81.0	—1.7
17	82.8	80.3	—2.5
22	82.9	80.1	—2.8
27	83.0	80.1	—2.9
32	83.1	80.0	—3.1
37	83.2	79.8	—3.4
$1^h\ 42^m$	83.3°F.	79.2°F.	—4.1°F.

[1]) l. c. Taf. 8. [2]) l. c. S. 84.

Madr. Z.	wahrsch. Temp.	thats. Temp.	Abweichung
$1^h\,47^m$	83.4°F.	79.0°F.	—4.4°F.
52	83.4	78.6	—4.8
57	83.5	78.3	—5.2
$2^h\ 2^m$	83.5	78.3	—5.2
7	83.6	78.3	—5.3
12	83.6	78.3	—5.3
17	83.5	78.9	—4.6
22	83.5	79.7	—3.7
27	83.5	79.9	—3.6
32	83.5	80.1	—3.4
37	83.4	80.1	—3.3
42	83.4	80.3	—3.1
47	83.3	80.9	—2.4
52	83.2	81.0	—2.2
57	83.1	81.0	—2.0
$3^h\ 2^m$	83.1°F.	81.0°F.	—2.0°F.
			2.6°F.

Mittlere Abweichung 1.5° C.
Maximalabweichung 3.0° C.
Finsternissamplitude 2.0° C.

(89) **Calicut.**

Finsternissanfang $11^h\,53^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,20^m$
Ende $2^h\,46^m$
(O. Z. — 21^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$11^h\,53^m$	84.4°F.	84.6°F.	+0.2°F.
58	84.5	85.0	+0.5
$12^h\ 3^m$	84.7	84.6	—0.1
8	84.8	84.7	—0.1
13	84.9	84.8	—0.1
18	85.0	84.3	—0.7
23	85.1	83.9	—1.2
28	85.2	83.8	—1.4
$12^h\,33^m$	85.3°F.	83.8°F.	—1.5°F.

[1]) l. c. Taf. 8. [2]) l. c. S. 93.

Madr. Z.	wahrsch. Temp.	thats. Temp.	Abweichung
$12^h\,38^m$	85.4°F.	83.6°F.	—1.8°F.
43	85.5	83.3	—2.2
48	85.6	82.9	—2.7
53	85.7	82.7	—3.0
58	85.7	82.7	—3.0
$1^h\ 3^m$	85.8	82.2	—3.6
8	85.9	81.7	—4.2
13	86.0	81.5	—4.5
18	86.1	81.4	—4.7
23	86.2	81.4	—4.8
28	86.3	81.5	—4.8
33	86.3	81.4	—4.9
38	86.4	81.5	—4.9
43	86.4	81.7	—4.7
48	86.5	82.0	—4.5
53	86.6	82.5	—4.1
58	86.6	82.6	—4.0
$2^h\ 3^m$	86.7	83.1	—3.6
8	86.7	83.4	—3.3
13	86.8	83.4	—3.4
18	86.8	83.7	—3.1
23	86.8	84.0	—2.8
28	86.8	83.9	—2.9
33	86.8	84.1	—2.7
38	86.8	84 6	—2.2
$2^h\,43^m$	86.8°F.	(85.0)°F.	—3.8°F.
			2.8°F.

Mittlere Abweichung 1.6° C.
Maximalabweichung 2.7° C.
Finsternissamplitude 2.0° C.

(103) **Roorkee.**

Finsternissanfang $12^h\,10^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,32^m$
Ende $2^h\,55^m$
(O. Z. — 9^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$12^h\ 10^m$	72.8°F.	(71.8)°F.	—1.0°F.
15	73.0	72.3	—0.7
20	73.4	72.5	—0.9
25	73.6	72.9	—0.7
30	73.8	72.9	—0.9
35	74.1	(73.0)	—1.1
40	74.4	73.1	—1.3
45	74.6	(73.6)	—1.0
50	74.9	74.1	—0.8
55	75.2	74.1	—1.1
$1^h\ 0^m$	75.4	73.9	—1.5
5	75.5	73.8	—1.7
10	75.7	(73.8)	—1.9
15	75.9	73.8	—2.1
20	76.1	73.3	—2.8
25	76.3	72.8	—3.5
30	76.4	72.5	—3.9
35	76.5	72.3	—4.2
40	76.7	72.1	—4.6
45	76.8	71.5	—5.3
50	76.9	71.3	—5.6
55	77.1	71.3	—5.8
$2^h\ 0^m$	77.2	71.5	—5.7
5	77.3	72.1	—5.2
10	77.3	72.3	—5.0
15	77.4	72.5	—4.9
20	77.4	73.1	—4.3
25	77.5	73.3	—4.2
30	77.5	73.7	—3.8
35	77.5	74.0	—3.5
40	77.5	74.3	—3.2
45	77.4	74.6	—2.8
50	77.4	74.6	—2.8
$2^h\ 55^m$	77.3°F.	75.1°F.	—2.2°F.
			2.9°F.

Mittlere Abweichung 1.6° C.
Maximalabweichung 3.2° C.
Finsternissamplitude 1.6° C.

[1]) l. c. Taf. 9.
[2]) l. c. S. 107.

(105) **Chittagong.**

Finsternissanfang $12^h\ 19^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 38^m$
Ende $2^h\ 56^m$
(O. Z. + 46^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$12^h\ 19^m$	81.5°F.	(82.3)°F.	+0.8°F.
29	81.8	80.9	—0.9
39	81.9	(80.2)	—1.7
49	82.1	(80.3)	—1.8
59	82.3	(80.3)	—2.0
$1^h\ 9^m$	82.3	(79.7)	—2.6
19	82.3	78.7	—3.6
29	82.2	(78.2)	—4.0
39	82.0	77.4	—4.6
49	81.8	76.1	—5.7
59	81.6	(75.2)	—6.4
$2^h\ 9^m$	81.4	(75.1)	—6.3
19	81.2	(75.3)	—5.9
29	80.9	(75.6)	—5.3
39	80.6	(76.2)	—4.4
49	80.3	(76.7)	—3.6
$2^h\ 59^m$	80.0°F.	76.4°F.	—3 6°F.
			3.6°F.

Mittlere Abweichung 2.0° C.
Maximalabweichung 3.6° C.
Finsternissamplitude 4.0° C.

(113) **Deesa.**

Finsternissanfang $11^h\ 56^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 24^m$
Ende $2^h\ 52^m$
(O. Z. — 32^m)

[1]) l. c. Taf. 9.
[2]) l. c. S. 109.

Madr. Z,	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$11^h 57^m$	88.5°F.	(88.6)°F.	+0.1°F.
$12^h 2^m$	88.7	88.9	+0.2
7	88.8	88.0	—0.8
12	89.0	88.9	—0.1
17	89.1	89.1	0.0
22	89.3	87.8	—1.5
27	89.5	88.3	—1.2
32	89.6	89.0	—0.6
37	89.7	88.0	—1.7
42	89.9	87.5	—2.4
47	90.1	87.4	—2.7
52	90.2	87.5	—2.7
57	90.3	87.4	—2.9
$1^h 2^m$	90.5	86.6	—3.9
7	90.6	86.8	—3.8
12	90.7	86.5	—4.2
17	90.9	86.0	—4.9
22	91.0	85.6	—5.4
27	91.1	85.6	—5.5
32	91.2	85.6	—5.6
37	91.3	85.8	—5.5
42	91.4	86.0	—5.4
47	91.5	86.2	—5.3
52	91.6	86.2	—5.4
57	91.8	86.6	—5.2
$2^h 2^m$	91.9	86.7	—5.2
7	92.0	86.9	—5.1
12	92.1	87.6	—4.5
17	92.2	87.7	—4.5
22	92.3	88.6	—3.7
27	92.4	89.1	—3.3
32	92.5	89.0	—3.5
37	92.6	88.6	—3.7
42	92.7	89.7	—3.0
47	92.7	90.0	—2.7
$2^h 52^m$	92.8°F.	89.8°F.	—3.0°F.
			3.3°F.

Mittlere Abweichung 1.8° C.

Maximalabweichung 3.1° C.

Finsternissamplitude 2.4° C.

[1]) l. c. Taf. 9. [2]) l. c. S. 117.

(129) **Kurrachee.**

Finsternissanfang $11^h 43^m$ Madr. Z.

Grösste Phase $1^h 13^m$

Ende $2^h 43^m$

(O. Z. — 53^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$11^h 43^m$	80.0°F.	80.2°F.	+0.2°F.
48	80.4	80.3	—0.1
53	80.5	80.4	—0.1
58	80.7	80.5	—0.2
$12^h 3^m$	80.9	80.8	—0.1
8	81.0	80.3	—0.7
13	81.1	80.3	—0.8
18	81.3	80.2	—1.2
23	81.5	79.9	—1.6
28	81.6	79.7	—1.9
33	81.8	79.4	—2.4
38	81.9	78.9	—3.0
43	82.0	78.8	—3.2
48	82.3	78.4	—3.9
53	82.4	77.9	—4.5
58	82.5	78.2	—4.3
$1^h 3^m$	82.6	77.9	—4.7
8	82.7	77.8	—4.9
13	82.8	77.6	—5.2
18	83.0	77.4	—5.6
23	83.1	78.0	—5.1
28	83.2	78.1	—5.1
33	83.3	78.4	—4.9
38	83.4	78.7	—4.7
43	83.5	79.0	—4.5
48	83.6	79.1	—4.5
53	83.7	79.2	—4.5
58	83.7	79.5	—4.2
$2^h 3^m$	83.8	79.9	—3.9
8	83.9	80.2	—3.7
13	84.0	80.6	—3.4
18	84.1	80.8	—3.3
23	84.2	80.9	—3.3
28	84.2	81.4	—2.8
33	84.3	82.0	—2.3
38	84.3	82.1	—2.2
$2^h 43^m$	84.4°F.	(82.2)°F.	—2.2°F.
			2.9°F.

[1]) l. c. Taf. 9. [2]) l. c. S. 133.

Mittlere Abweichung 1.6° C.
Maximalabweichung 3.1° C.
Finsternissamplitude 2.7° C.

(130) **Lahore.**

Finsternissanfang $12^h\ 4^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 27^m$
Ende $2^h\ 49^m$
(O. Z. -24^m)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$12^h\ 4^m$	70.5° F.	(70.5)° F.	0.0° F.
9	70.8	70.8	0.0
14	71.0	71.0	0.0
19	71.4	71.4	0.0
24	71.7	71.7	0.0
29	72.0	71.8	—0.2
34	72.3	72.0	—0.3
39	72.5	71.8	—0.7
44	72.7	71.8	—0.9
49	72.9	71.8	—1.1
54	73.1	71.8	—1.3
59	73.3	71.8	—1.5
$1^h\ 4^m$	73.5	71.8	—1.7
9	73.6	71.8	—1.8
14	73.8	71.8	—2.0
19	74.0	71.6	—2.4
24	74.2	71.6	—2.6
29	74.4	71.6	—2.8
34	74.5	71.6	—2.9
39	74.6	71.6	—3.0
44	74.8	71.6	—3.2
49	75.0	71.6	—3.4
54	75.1	71.6	—3.5
59	75.3	71.8	—3.5
$2^h\ 4^m$	75.4	71.8	—3.6
9	75 5	72.0	—3.5
14	75.6	72.3	—3.3
19	75.7	72.6	—3.1
24	75.8	72.9	—3.2
$2^h\ 29^m$	75.9° F.	72.9° F.	—3.0° F.
$2^h\ 34^m$	76.0° F.	73.5° F.	—2.5° F.
39	76.1	73.5	—2.6
44	76.2	73.7	—2.5
$2^h\ 49^m$	76.3° F.	(73.6)° F.	—2.7° F.
			2.0° F.

[1]) l. c. Taf. 9. [2]) l. c. S. 134.

Mittlere Abweichung 1.1° C.
Maximalabweichung 2.0° C.
Finsternissamplitude 1.2° C.

(150) **Rangoon.**

Finsternissanfang $12^h\ 42^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 50^m$
Ende $2^h\ 58^m$
(O. Z. $+1^h\ 4^m$)

Madr. Z.	wahrsch. Temp.[1])	thats. Temp.[2])	Abweichung
$12^h\ 41^m$	90.2° F.	89.9° F.	—0.3° F.
46	(90.3)	89.8	—0.5
51	(90.3)	89.4	—0.7
56	90.4	89.9	—0.5
$1^h\ 1^m$	(90.5)	89.5	—0.9
6	(90.5)	88.7	—1.8
11	90.5	88.7	—1.8
16	(90.8)	88.7	—1.8
21	(90.6)	88.6	—2.0
26	90.6	(88.5)	—2.1
31	(90.6)	88.7	—1.9
36	(90.6)	88.5	—2.1
41	90.6	87.9	—2.7
46	(90.5)	88.4	—2.1
51	(90.5)	88.0	—2.5
56	90.4	88.0	—2.4
$2^h\ 1^m$	(90.3)	88.1	—2.2
6	(90.3)	87.9	—2.4
11	90.2	87.2	—3.0
16	(90.1)	87.3	—2.8
21	(90.0)	87.5	—2.5
26	89.8	87.3	—2.5
$2^h\ 31^m$	(89.6)° F.	87.3° F.	—2.3° F.

[1]) l. c. Taf. 13. [2]) l. c. S. 154.

Madr. Z.	wahrsch. Temp.	thats. Temp.	Abweichung
$2^h\,36^m$	(89.5)° F.	87.1° F.	—2.4° F.
41	89.3	87.3	—2.0
46	(89.2)	87.9	—1.3
51	(89.1)	87.6	—1.5
$2^h\,56^m$	88.9° F.	87.7° F.	—1.2° F.
			1.8° F.

Mittlere Abweichung 1° C.
Maximalabweichung 1.7° C.
Finsternissamplitude 1.6° C.

Von den übrigen Stationen steht, in Ermangelung zweier Temperaturreihen, die mittlere Abweichung nicht fest, die muthmaassliche Maximalabweichung ist nach Eliot S. 199—202 hinzugefügt worden[1]).

(d) **Dumraon.**[2])

Finsternissanfang $12^h\,20^m$ Madr. Z.
Totalität $1^h\,40^m$
Ende 3^h
(O. Z. $+16^m$)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 4° C.

(2) **Buxar.**[3])

Finsternissanfang $12^h\,18^m$ Madr. Z.
Totalität $1^h\,38^m$
Ende $2^h\,58^m$
(O. Z. $+16^m$)
Maximalabweichung 4.2° C.
Finsternissamplitude 2.8° C.

[1]) s. o. S. 24 f.
[2]) l. c. S. 183. [3]) l. c. S. 5.

(5) **Motihari.**[1])

Finsternissanfang $12^h\,30^m$ Madr. Z.
Totalität $1^h\,46^m$
Ende 3^h
(O. Z. $+19^m$)

Die Temperaturangaben sind unzuverlässig[2]); sie würden, falls richtig, eine Finsternissamplitude von 1.7° C. ergeben.

(6) **Nagpur.**
(Sanitary Commissioner's Office)[3]).

Finsternissanfang $12^h\,1^m$ Madr. Z.
Totalität $1^h\,28^m$
Ende $2^h\,54^m$
(O. Z. -4^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 3.4° C.

(7) **Arrah.**[4])

Finsternissanfang $12^h\,30^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,45^m$
Ende 3^h
(O. Z. $+18^m$)
Maximalabweichung 2.9° C.
Finsternissamplitude 2.1° C.

(9) **Amraoti**[5]).

Finsternissanfang $12^h\,5^m$
Grösste Phase $1^h\,28^m$
Ende $2^h\,50^m$
(O. Z. -10^m)
Maximalabweichung 3.6° C.
Finsternissamplitude 2.6° C.

[1]) l. c. S. 8. [2]) l. c. S. 185.
[3]) l. c. S. 9. cf. auch Nagpur 4, oben S. 31 f.
[4]) l. c. S. 10. [5]) l. c. S. 12.

(11) **Benares.**[1])

Finsternissanfang $12^h\,14^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,37^m$
Ende 3^h
(O. Z. $+11^m$)
Maximalabweichung 4.5° C.
Finsternissamplitude 3.4° C.

(12) **Dehri.**[2])

Finsternissanfang $12^h\,20^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,40^m$
Ende 3^h
(O. Z. $+16^m$)
Maximalabweichung 3.6° C.
Finsternissamplitude 2.7° C.

(13) **Akola.**[3])

Finsternissanfang $11^h\,53^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,18^m$
Ende $2^h\,43^m$
(O. Z. -13^m)
Maximalabweichung 3.8° C.
Finsternissamplitude 2.6° C.

(16) **Patna.**[4])

Finsternissanfang $12^h\,22^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,43^m$
Ende $3^h\,4^m$
(O. Z. $+20^m$)
Maximalabweichung 3.6° C.
Finsternissamplitude 2.3° C.

[1]) l. c. S. 14. [2]) l. c. S. 15.
[3]) l. c. S. 16. [4]) l. c. S. 19.

(17) **Katmandu.**[1])

Finsternissanfang $12^h\,30^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,45^m$
Ende 3^h
(O. Z. $+20^m$)
Maximalabweichung 3.8° C.
Finsternissamplitude 3.4° C.

(18) **Ahmednagar.**[2])

Finsternissanfang $11^h\,44^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,13^m$
Ende $2^h\,41^m$
(O. Z. -22^m)
Maximalabweichung 3.4° C.
Finsternissamplitude 2.7° C.

(20) **Sutna.**[3])

Finsternissanfang $12^h\,22^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,42^m$
Ende $3^h\,2^m$
(O. Z. $+3^m$)
Maximalabweichung 3.8° C.
Finsternissamplitude 2.9° C.

(25) **Gaya.**[4])

Finsternissanfang $12^h\,25^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,40^m$
Ende $2^h\,55^m$
(O. Z. $+19^m$)
Maximalabweichung 2.4° C.
Finsternissamplitude 2.1° C.

[1]) l. c. S. 20. [2]) l. c. S. 21.
[3]) l. c. S. 23. [4]) l. c. S. 28.

(27) **Darjeeling.**[1])

Finsternissanfang $12^h\,28^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,46^m$
Ende $3^h\,3^m$
(O. Z. $+32^m$)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 1.7° C.

(28) **Chanda.**[2])

Finsternissanfang $12^h\,2^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,25^m$
Ende $2^h\,47^m$
(O. Z. -4^m)
Maximalabweichung 4.3° C.
Finsternissamplitude 3.2° C.

(30) **Khandwa.**[3])

Finsternissanfang 12^h Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,22^m$
Ende $2^h\,44^m$
(O. Z. -15^m)
Maximalabweichung 4.1° C.
Finsternissamplitude 3.6° C.

(31) **Raipur.**[4])

Finsternissanfang $12^h\,8^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,30^m$
Ende $2^h\,52^m$
(O. Z. $+6^m$)
Maximalabweichung 3.2° C.
Finsternissamplitude 1.8° C.

[1]) l. c. S. 30. [2]) l. c. S. 31.
[3]) l. c. S. 33. [4]) l. c. S. 34.

(34) **Bhagalpur.**[1])

Finsternissanfang $12^h\,30^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,48^m$
Ende $3^h\,6^m$
(O. Z. $+27^m$)
Maximalabweichung 3.2° C.
Finsternissamplitude 2.6° C.

(36) **Ranchi.**[2])

Finsternissanfang $12^h\,14^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,39^m$
Ende $3^h\,4^m$
(O. Z. $+21^m$)
Maximalabweichung 2.8° C.
Finsternissamplitude 2.2° C.

(37) **Cawnpore.**[3])

Finsternissanfang $12^h\,15^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,35^m$
Ende $2^h\,55^m$
(O. Z. $+1^m$)
Maximalabweichung 3.5° C.
Finsternissamplitude 2.7° C.

(38) **Indore.**[4])

Finsternissanfang $12^h\,4^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,22^m$
Ende $2^h\,40^m$
(O. Z. -17^m)
Maximalabweichung 3.7° C.
Finsternissamplitude 2.9° C.

[1]) l. c. S. 37. [2]) l. c. S. 39.
[3]) l. c. S. 40. [4]) l. c. S. 41.

(39) **Secunderabad.**[1])

Finsternissanfang	$11^h\,54^m$	Madr. Z.
Grösste Phase	$1^h\,20^m$	
Ende	$2^h\,45^m$	
	(O. Z. -7^m)	
Maximalabweichung	3.6° C.	
Finsternissamplitude	2.8° C.	

(41) **Bahraich.**[2])

Finsternissanfang	$12^h\,20^m$	Madr. Z.
Grösste Phase	$1^h\,36^m$	
Ende	$2^h\,52^m$	
	(O. Z. $+6^m$)	
Maximalabweichung	3.5° C.	
Finsternissamplitude	2.4° C.	

(42) **Rangpur.**[3])

Finsternissanfang	$12^h\,31^m$	Madr. Z.
Grösste Phase	$1^h\,45^m$	
Ende	$2^h\,59^m$	
	(O. Z. $+36^m$)	
Maximalabweichung	4.1° C.	
Finsternissamplitude	3.8° C.	

(43) **Sambalpur.**[4])

Finsternissanfang	$12^h\,15^m$	Madr. Z.
Grösste Phase	$1^h\,30^m$	
Ende	$2^h\,45^m$	
	(O. Z. $+15^m$)	
Maximalabweichung	3.2° C.	
Finsternissamplitude	2.4° C.	

[1]) l. c. S. 42. [2]) l. c. S. 44.
[3]) l. c. S. 45. [4]) l. c. S. 46.

(44) **Chaibassa.**[1])

Finsternissanfang	$12^h\,21^m$	Madr. Z.
Grösste Phase	$1^h\,41^m$	
Ende	3^h	
	(O. Z. $+22^m$)	
Maximalabweichung	3.8° C.	
Finsternissamplitude	2.9° C.	

(45) **Rampur Boalia.**[2])

Finsternissanfang	$12^h\,25^m$	Madr. Z.
Grösste Phase	$1^h\,43^m$	
Ende	3^h	
	(O. Z. $+34^m$)	
Maximalabweichung	3.9° C.	
Finsternissamplitude	3.2° C.	

(47) **Bogra.**[3])

Finsternissanfang	$12^h\,35^m$	Madr. Z.
Grösste Phase	$1^h\,50^m$	
Ende	$3^h\,5^m$	
	(O. Z. $+37^m$)	
Maximalabweichung	4.4° C.	
Finsternissamplitude	3.5° C.	

(48) **Berhampore.**[4])

Finsternissanfang	$12^h\,15^m$	Madr. Z.
Grösste Phase	$1^h\,35^m$	
Ende	$2^h\,55^m$	
	(O. Z. $+32^m$)	
Maximalabweichung	2.8° C.	
Finsternissamplitude	2.6° C.	

[1]) l. c. S. 47. [2]) l. c. S. 48.
[3]) l. c. S. 50. [4]) l. c. S. 51.

(49) **Mercara.**[1])

Finsternissanfang $11^h\ 42^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 12^m$
Ende $2^h\ 42^m$
(O. Z. $- 18^m$)

Die Angabe der Temperatur ist unzuverlässig.[2]) Sie würde eine Amplitude von 2.5° C. ergeben.

(51) **Ahmedabad.**[3])

Finsternissanfang $11^h\ 56^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 11^m$
Ende $2^h\ 26^m$
(O. Z $- 30^m$)
Maximalabweichung 2.7° C.
Finsternissamplitude 1.8° C.

(52) **Darbhanga.**[4])

Finsternissanfang $12^h\ 30^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 45^m$
Ende 3^h
(O. Z. $+ 23^m$)
Maximalabweichung 4.4° C.
Finsternissamplitude 3.2° C.

(53) **Gorakhpur.**[5])

Finsternissanfang $12^h\ 18^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 36^m$
Ende $2^h\ 53^m$
(O. Z. $+ 12^m$)
Maximalabweichung 3.7° C.
Finsternissamplitude 2.5° C.

[1]) l. c. S. 52. [2]) l. c. S. 187.
[3]) l. c. S. 54. [4]) l. c. S. 55.
[5]) l. c. S. 56.

(54) **Daltonganj.**[1])

Finsternissanfang $12^h\ 25^m$ Madr. Z.
Totalität $1^h\ 42^m$
Ende 3^h
(O. Z. $+ 16^m$)
Maximalabweichung 4.2° C.
Finsternissamplitude 3.3° C.

(56) **Saugor.**[2])

Finsternissanfang $12^h\ 11^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 31^m$
Ende $2^h\ 51^m$
(O. Z. $- 6^m$)
Maximalabweichung 3.7° C.
Finsternissamplitude 3.1° C.

(57) **Malegaon.**[3])

Finsternissanfang $11^h\ 56^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 22^m$
Ende $2^h\ 48^m$
(O. Z. $- 23^m$)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 2.1° C.

(58) **Bombay** (Meteorological Office).[4])

Finsternissanfang $11^h\ 40^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 10^m$
Ende $2^h\ 40^m$
(O. Z. $- 30^m$)
Maximalabweichung 2.4° C.
Finsternissamplitude 1.8° C.

[1]) l. c. S. 57. [2]) l. c. S. 59.
[3]) l. c. S. 60. [4]) l. c. S. 61.

(59) **Dinajpur.**[1])

Finsternissanfang $12^h\ 30^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 45^m$
Ende 3^h
(O. Z. $- 34^m$)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 3.3° C.

(60) **Naya Dumka.**[2])

Finsternissanfang $12^h\ 27^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 47^m$
Ende $3^h\ 7^m$
(O. Z. $- 28^m$)
Maximalabweichung 3.8° C.
Finsternissamplitude 2.6° C.

(62) **Jhansi.**[3])

Finsternissanfang $12^h\ 12^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 33^m$
Ende $2^h\ 54^m$
(O. Z. $- 6^m$)

Die Temperaturangaben sind unzuverlässig.[4])

(63) **Raniganj.**[5])

Finsternissanfang $12^h\ 29^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 44^m$
Ende $2^h\ 59^m$
(O. Z. $+ 31^m$)
Maximalabweichung 4.3° C.
Finsternissamplitude 2.6° C.

[1]) l. c. S. 62. [2]) l. c. S. 63.
[3]) l. c. S. 65. [4]) l. c. S. 185.
[5]) l. c. S. 66.

(66) **Bankura.**[1])

Finsternissanfang $12^h\ 27^m$ Madr. Z.
Totalität $1^h\ 30^m$
Ende $2^h\ 32^m$
(O. Z. $+ 28^m$)
Maximalabweichung 3.3° C.
Finsternissamplitude 2.1° C.

(68) **Burdwan.**[2])

Finsternissanfang $12^h\ 20^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 40^m$
Ende $2^h\ 59^m$
(O. Z. $+ 31^m$)
Maximalabweichung 3.9° C.
Finsternissamplitude 3.1° C.

(69) **Mainpuri.**[3])

Finsternissanfang $12^h\ 10^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 35^m$
Ende 3^h
(O. Z. $- 5^m$)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 2.6° C.

(70) **Sirajganj.**[4])

Finsternissanfang $12^h\ 31^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 49^m$
Ende $3^h\ 6^m$
(O. Z. $+ 38^m$)
Maximalabweichung 3.4° C.
Finsternissamplitude 2.1° C.

[1]) l. c. S. 69. [2]) l. c. S. 71.
[3]) l. c. S. 72. [4]) l. c. S. 73.

(71) **Midnapur.**[1])

Finsternissanfang $12^h\ 20^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 40^m$
Ende 3^h
(O. Z. $+29^m$)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 1.8°? C.[2])

(72) **Mymensingh.**[3])

Finsternissanfang $12^h\ 29^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 47^m$
Ende $3^h\ 4^m$
(O. Z. -41^m)
Maximalabweichung 2.7° C.
Finsternissamplitude 2.2° C.

(73) **Krishnaghur.**[4])

Finsternissanfang $12^h\ 31^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 44^m$
Ende $2^h\ 56^m$
(O. Z. $+34^m$)
Maximalabweichung 3.9° C.
Finsternissamplitude 3.3° C.

(74) **Bareilly.**[5])

Finsternissanfang $12^h\ 41^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 51^m$
Ende 3^h
(O. Z. -3^m)
Maximalabweichung 2.9° C.
Finsternissamplitude 2.8° C.

[1]) l. c. S. 74. [2]) Die Temperaturangaben sind unzuverlässig. [3]) l. c. S. 75.
[4]) l. c. S. 76. [5]) l. c. S. 77.

(75) **Balasore.**[1])

Finsternissanfang $12^h\ 18^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 39^m$
Ende 3^h
(O. Z. $+27^m$)
Maximalabweichung 4.6° C.
Finsternissamplitude 3.9° C.

(77) **Faridpur.**[2])

Finsternissanfang $12^h\ 36^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 49^m$
Ende $3^h\ 1^m$
(O. Z. $+39^m$)
Maximalabweichung 3.4° C.
Finsternissamplitude 2.8° C.

(79) **Jessore.**[3])

Finsternissanfang $12^h\ 25^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 43^m$
Ende 3^h
(O. Z. $+36^m$)
Maximalabweichung 3.2° C.
Finsternissamplitude 2.7° C.

(82) **Cuddapah.**[4])

Finsternissanfang $12^h\ 1^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 23^m$
Ende $2^h\ 45^m$
(O. Z. -6^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 2.8° C.

[1]) l. c. S. 78. [2]) l. c. S. 80.
[3]) l. c. S. 82. [4]) l. c. S. 85.

(83) **Gopalpur.**[1])

Finsternissanfang $12^h\ 6^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 31^m$
Ende $2^h\ 56^m$
(O. Z. + 19^m)
Maximalabweichung 2.8° C.
Finsternissamplitude 2.2° C.

(84) **Masulipatam.**[2])

Finsternissanfang $11^h\ 58^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 22^m$
Ende $2^h\ 46^m$
(O. Z. + 4^m)
Maximalabweichung 3.3° C.
Finsternissamplitude 3.3° C.

(85) **Narayanganj.**[3])

Finsternissanfang $12^h\ 29^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 47^m$
Ende $3^h\ 4^m$
(O. Z. + 41^m)
Maximalabweichung 2.9° C.
Finsternissamplitude 2.1° C.

(86) **Saugor Island.**[4])

Finsternissanfang $12^h\ 29^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 46^m$
Ende $3^h\ 2^m$
(O. Z. + 31^m)
Maximalabweichung 2.3° C.
Finsternissamplitude 1.7° C.

[1]) l. c. S. 86. [2]) l. c. S. 87.
[3]) l. c. S. 88. [4]) l. c. S. 89 f.

(87) **Cocanada.**[1])

Finsternissanfang $12^h\ 1^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 25^m$
Ende $2^h\ 48^m$
(O. Z. + 8^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 1.6° C.

(88) **Pooree.**[2])

Finsternissanfang $12^h\ 14^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 32^m$
Ende $2^h\ 50^m$
(O. Z. + 23^m)
Maximalabweichung 2.3° C.
Finsternissamplitude 2.1° C.

(90) **False Point.**[3])

Finsternissanfang $12^h\ 20^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 37^m$
Ende $3^h\ 2^m$
(O. Z. + 26^m)
Maximalabweichung 2.9° C.
Finsternissamplitude 2.5° C.

(91) **Silchar.**[4])

Finsternissanfang $12^h\ 30^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 48^m$
Ende $3^h\ 5^m$
(O. Z. + 51^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 3° C.

[1]) l. c. S. 91. [2]) l. c. S. 92.
[3]) l. c. S. 94. [4]) l. c. S. 95.

(92) **Rajkot.**[1])

Finsternissanfang $11^h\,45^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,5^m$
Ende $2^h\,25^m$
(O. Z. -37^m)
Maximalabweichung 2.7° C.
Finsternissamplitude 2.1° C.

(93) **Comilla.**[2])

Finsternissanfang $12^h\,37^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,50^m$
Ende $3^h\,2^m$
(O. Z. $+44^m$)
Maximalabweichung 2.6° C.
Finsternissamplitude 2.2° C.

(94) **Barisal.**[3])

Finsternissanfang $12^h\,29^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,42^m$
Ende $2^h\,54^m$
(O. Z. $+41^m$)
Maximalabweichung 2.9° C.
Finsternissamplitude 2.1° C.

(95) **Ranikhet.**[4])

Finsternissanfang $12^h\,15^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,35^m$
Ende $2^h\,55^m$
(O. Z. -3^m)
Maximalabweichung 3.1° C.
Finsternissamplitude 2.8° C.

[1]) l. c. S. 96. [2]) l. c. S. 97.
[3]) l. c. S. 98. [4]) l. c. S. 99.

(96) **Nellore.**[1])

Finsternissanfang $11^h\,50^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,18^m$
Ende $2^h\,45^m$
(O. Z. -1^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 2.3° C.

(97) **Mount Abu.**[2])

Finsternissanfang $11^h\,57^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,21^m$
Ende $2^h\,45^m$
(O. Z. -30^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 2.0° C.

(98) **Ajmere.**[3])

Finsternissanfang $12^h\,2^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,25^m$
Ende $2^h\,47^m$
(O. Z. -22^m)
Maximalabweichung 3.1° C.
Finsternissamplitude 2.2° C.

(99) **Sambhar.**[4])

Finsternissanfang $12^h\,2^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,26^m$
Ende $2^h\,49^m$
(O. Z. -20^m)
Maximalabweichung 2.6° C.
Finsternissamplitude 2.3° C.

[1]) l. c. S. 100. [2]) l. c. S. 101.
[3]) l. c. S. 102. [4]) l. c. S. 103.

(100) **Delhi.**[1])

Finsternissanfang $12^h\,17^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,36^m$
Ende $2^h\,55^m$
(O. Z. -12^m)
Maximalabweichung 2.9° C.
Finsternissamplitude 1.8° C.

(101) **Noakhali.**[2])

Finsternissanfang $12^h\,27^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,45^m$
Ende $3^h\,2^m$
(O. Z. $+43^m$)

Die Temperaturangaben sind unzuverlässig.

(102) **Cochin.**[3])

Finsternissanfang $11^h\,41^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,9^m$
Ende $2^h\,36^m$
(O. Z. -16^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 2.9° C.

(104) **Salem.**[4])

Finsternissanfang $11^h\,53^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,16^m$
Ende $2^h\,38^m$
(O. Z. -8^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 2.5° C.

[1]) l. c. S. 104. [2]) l. c. S. 105.
[3]) l. c. S. 106. [4]) l. c. S. 108.

(106) **Dehra Dun.**[1])

Finsternissanfang $12^h\,20^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,40^m$
Ende 3^h
(O. Z. -8^m)
Maximalabweichung 4.2° C.
Finsternissamplitude 3.3° C.

(107) **Pachpadra.**[2])

Finsternissanfang $12^h\,12^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,32^m$
Ende $2^h\,51^m$
(O. Z. -32^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 2.4° C.

(108) **Mussooree.**[3])

Finsternissanfang $12^h\,20^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,40^m$
Ende 3^h
(O. Z. -8^m)
Maximalabweichung 3.4° C.
Finsternissamplitude 3.6° C.[4])

(109) **Kindat.**[5])

Finsternissanfang $12^h\,30^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,40^m$
Ende $2^h\,50^m$
(O. Z. $+57^m$)
Maximalabweichung 2.3° C.
Finsternissamplitude 1.3° C.

[1]) l. c. S. 110. [2]) l. c. S. 111.
[3]) l. c. S. 112. [4]) Temperaturangaben wohl ungenau. [5]) l. c. S. 113.

(110) **Sirsa.**[1])

Finsternissanfang $12^h\,15^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,30^m$
Ende $2^h\,45^m$
(O. Z. -21^m)
Maximalabweichung 2.2° C.
Finsternissamplitude 1.7° C.

(111) **Bickaneer.**[2])

Finsternissanfang $12^h\,13^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,28^m$
Ende $2^h\,43^m$
(O. Z. -29^m)
Maximalabweichung 2.7° C.
Finsternissamplitude 0.7° C.

(112) **Bhamo.**[3])

Finsternissanfang $12^h\,38^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,46^m$
Ende $2^h\,53^m$
(O. Z. $+1^h\,7^m$)
Maximalabweichung 3.3° C.
Finsternissamplitude 2.3° C.

(114) **Wellington.**[4])

Finsternissanfang $12^h\,5^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,20^m$
Ende $2^h\,35^m$
(O. Z. -14^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 2.9° C.

[1]) l. c. S. 114. [2]) l. c. S. 115.
[3]) l. c. S. 116. [4]) l. c. S. 118.

(115) **Coimbatore.**[1])

Finsternissanfang $12^h\,10^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,20^m$
Ende $2^h\,30^m$
(O. Z. -13^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 1.7° C.

(116) **Bhuj.**[2])

Finsternissanfang $11^h\,52^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,12^m$
Ende $2^h\,32^m$
(O. Z. -42^m)
Maximalabweichung 2.4° C.
Finsternissamplitude 1.6° C.

(117) **Chakrata.**[3])

Finsternissanfang $12^h\,14^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,32^m$
Ende $2^h\,50^m$
(O. Z. -9^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 2.9° C.[4])

(118) **Trichinopoly.**[5])

Finsternissanfang $11^h\,52^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,17^m$
Ende $2^h\,41^m$
(O. Z. -6^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 2.8° C.

[1]) l. c. S. 119. [2]) l. c. S. 120.
[3]) l. c. S. 121. [4]) Nur halbstündliche Beobachtungen. [5]) l. c. S. 122.

(119) **Cuddalore.**[1])

Finsternissanfang $11^h\,57^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,22^m$
Ende $2^h\,46^m$
(O. Z. -1^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 0.8° C.[2])

(120) **Madura.**[3])

Finsternissanfang $11^h\,47^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,12^m$
Ende $2^h\,36^m$
(O. Z. -8^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 2.1° C.

(121) **Simla.**[4])

Finsternissanfang $12^h\,12^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,30^m$
Ende $2^h\,48^m$
(O. Z. -12^m)
Maximalabweichung 2.3° C.
Finsternissamplitude 1.6° C.

(122) **Negapatam.**[5])

Finsternissanfang 12^h Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,23^m$
Ende $2^h\,46^m$
(O. Z. -1^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 0.7° C.[6])

[1]) l. c. S. 123. [2]) Die Temperaturangaben vielleicht ungenau. [3]) l. c. S. 124. [4]) l. c. S. 125. [5]) l. c. S. 126. [6]) Regelmässiges Steigen des Thermometers von $12^h\,56^m$ bis $1^h\,41^m$, dann wieder regelmässiges Fallen.

(123) **Tinnevelly** (Palamcotta).[1])

Finsternissanfang $11^h\,47^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,6^m$
Ende $2^h\,25^m$
(O. Z. -10^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 1.2° C.

(124) **Ludhiana.**[2])

Finsternissanfang $12^h\,19^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,34^m$
Ende $2^h\,49^m$
(O. Z. -17^m)
Maximalabweichung 2.3° C.
Finsternissamplitude 1.2° C.

(125) **Pamban.**[3])

Finsternissanfang $12^h\,5^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,24^m$
Ende $2^h\,43^m$
(O. Z. -4^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 1.3° C.[4])

(126) **Akyab.**[5])

Finsternissanfang $12^h\,40^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,43^m$
Ende $2^h\,45^m$
(O. Z. $+51^m$)
Maximalabweichung 3.4° C.
Finsternissamplitude 3.5° C.

[1]) l. c. S. 127. [2]) l. c. S. 128.
[3]) l. c. S. 129. [4]) Die Temperaturangaben sind vielleicht ungenau. [5]) l. c. S. 130.

(127) **Hyderabad** (Sind).[1])
Finsternissanfang $11^h\,40^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,5^m$
Ende $2^h\,30^m$
(O. Z. -47^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 2.8° C.

(128) **Mandalay.**[2])
Finsternissanfang $12^h\,25^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,35^m$
Ende $2^h\,45^m$
(O Z. $1^h\,4^m$)
Maximalabweichung 2.0° C.
Finsternissamplitude 1.4° C.

(131) **Leh.**[3])
Finsternissanfang $12^h\,50^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $2^h\,5^m$
Ende $3^h\,20^m$
(O. Z. -10^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 0.6° C.

(132) **Montgomery.**[4])
Finsternissanfang $12^h\,8^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,26^m$
Ende $2^h\,43^m$
(O. Z. -28^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 1.7° C.

[1]) l. c. S. 131. [2]) l. c. S. 132.
[3]) l. c. S. 135. [4]) l. c. S. 136.

(133) **Minbu.**[1])
Finsternissanfang $12^h\,46^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,56^m$
Ende $3^h\,6^m$
(O. Z. $+59^m$)
Maximalabweichung 1.5° C.
Finsternissamplitude 1.3° C.

(134) **Sialkot.**[2])
Finsternissanfang $12^h\,5^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,23^m$
Ende $2^h\,40^m$
(O. Z. -23^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 1.3° C.

(135) **Mooltan.**[3])
Finsternissanfang 12^h Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,19^m$
Ende $2^h\,38^m$
(O. Z. -35^m)
Maximalabweichung 2.6° C.
Finsternissamplitude 1.9° C.

(136) **Thayetmyo.**[4])
Finsternissanfang $12^h\,30^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,39^m$
Ende $2^h\,48^m$
(O. Z. $+1^h$)
Maximalabweichung 2.2° C.
Finsternissamplitude 2.0° C.

[1]) l. c. S. 137. [2]) l. c. S. 138.
[3]) l. c. S. 139. [4]) l. c. S. 140.

(137) **Taunggyi.**[1])
Finsternissanfang $12^h\,32^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,41^m$
Ende $2^h\,50^m$
(O. Z. $+1^h\,7^m$)
Maximalabweichung 2.9° C.
Finsternissamplitude 2.8° C.

(138) **Jacobabad.**[2])
Finsternissanfang $12^h\,14^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,33^m$
Ende $2^h\,52^m$
(O. Z. -48^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 1.2° C.

(139) **Khushab.**[3])
Finsternissanfang $12^h\,29^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,36^m$
Ende $2^h\,44^m$
(O. Z. -31^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 0.8° C.

(140) **Toungoo.**[4])
Finsternissanfang $12^h\,43^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,53^m$
Ende $3^h\,2^m$
(O. Z. $+1^h\,5^m$)
Maximalabweichung 2.4° C.
Finsternissamplitude 2.4° C.

[1]) l. c. S. 141. [2]) l. c. S. 142.
[3]) l. c. S. 143. [4]) l. c. S. 144.

(141) **Murree.**[1])
Finsternissanfang $12^h\,8^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,34^m$
Ende 3^h
(O. Z. -27^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 0.6° C.

(142) **Rawalpindi.**[2])
Finsternissanfang $12^h\,7^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,33^m$
Ende $2^h\,59^m$
(O. Z. -29^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 1.2° C.

(143) **Dera Ismail Khan.**[3])
Finsternissanfang $11^h\,58^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,24^m$
Ende $2^h\,50^m$
O. Z. -37^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 2.3° C.

(144) **Bassein.**[4])
Finsternissanfang $12^h\,52^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,56^m$
Ende 3^h
(O. Z. $+58^m$)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 1.2° C.

[1]) l. c. S. 145. [2]) l. c. S. 146.
[3]) l. c. S. 147. [4]) l. c. S. 148.

(145) **Cherat.**[1])

Finsternissanfang $12^h\,28^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,36^m$
Ende $2^h\,43^m$
(O. Z. -33^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 1° C.?[2])

(146) **Gilgit.**[3])

Finsternissanfang $12^h\,17^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,25^m$
Ende $2^h\,32^m$
(O. Z. -23^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 0.7° C.

(147) **Diamond Island.**[4])

Finsternissanfang $11^h\,52^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,56^m$
Ende 3^h
(O. Z. $+56^m$)
Maximalabweichung 2.2° C.
Finsternissamplitude 1.7° C.

(148) **Peshawar.**[5])

Finsternissanfang $12^h\,29^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,37^m$
Ende $2^h\,44^m$
(O. Z. -34^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 1.4° C.

[1]) l. c. S. 149. [2]) Es sind nur 5 Beobachtungen während der Finsterniss gemacht worden. [3]) l. c. S. 150. [4]) l. c. S. 151. [5]) l. c. S. 152.

(149) **Quetta.**[1])

Finsternissanfang $12^h\,8^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,21^m$
Ende $2^h\,33^m$
(O. Z. -53^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 2.3° C.

(151) **Chaman.**[2])

Finsternissanfang $12^h\,20^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,30^m$
Ende $2^h\,40^m$
(O. Z. -55^m)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 1.4° C.

(152) **Moulmein.**[3])

Finsternissanfang $12^h\,45^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,48^m$
Ende $2^h\,50^m$
(O. Z. $+1^h\,10^m$)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 0.8° C.

(153) **Tavoy.**[4])

Finsternissanfang $12^h\,58^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\,48^m$
Ende $2^h\,38^m$
(O. Z. $+1^h\,12^m$)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 2.4° C.

[1]) l. c. S. 153. [2]) l. c. S. 155.
[3]) l. c. S. 156. [4]) l. c. S. 157.

(154) **Mergui.**[1])

Finsternissanfang $1^h\ 3^m$ Madr. Z.
Grösste Phase $1^h\ 48^m$
Ende $2^h\ 33^m$
(O. Z. $+ 1^h\ 14^m$)
Maximalabweichung ?
Finsternissamplitude 1.3° C.

Wenn wir nach den so erhaltenen Zahlen die Durchschnittswerthe für jede der 11 meteorologischen Provinzen Indiens feststellen, so ergiebt sich folgendes Bild:

1. **Burma**, Küste.

Nr.	Name	Abweichung mittlere °C.	Abweichung Maximal- °C.	Amplitude °C.	Bewölkung 0—10
154	Mergui			1.3°	?(Cu)
153	Tavoy			2.4	< 5
152	Moulmein			0.8	2—3
150	Rangoon	1°	1.7°	1.6	0
144	Bassein			1.2	1
147	Diamond Island		2.2	1.7	0
126	Akyab		3.4	3.5	0
140	Toungoo		2.4°	2.4°	0
	Mittel		2.4°	1.7°	< 5

2. **Burma**, Inneres.

136	Thayetmyo		2.2°	2.0°	0
133	Minbu		1.5	1.3	0
128	Mandalay		2.0	1.4	0
109	Kindat		2.3	1.3	0 [2])
112	Bhamo		3.3°	2.3°	< 5 (Ci)
	Mittel		2.3°	1.7°	0

Höhenstation

137	Taunggyi		2.9°	2.8°	0

[1]) l. c. S. 158. [2]) $1^h\ 2^m - 22^m$ A. Cu 1.

3. Assam.

Nr.	Name	Abweichung mittlere °C.	Abweichung Maximal- °C.	Amplitude °C.	Bewölkung 0—10
91	Silchar			3.0°	0 [1]
76	Sibsagar	1.4°	2.6°	2.0	1 [2]
61	Dhubri	1.5°	3.3°	2.6°	0
	Mittel	1.5°	3.0°	2.5°	0

4. Bengalen und Orissa.

105	Chittagong	2.0°	3.6°	4.0°	1 [3]
101	Noakhali			?	? (Ci)
93	Comilla		2.6	2 2	0 [4]
70	Sirajganj		3 4	2.1	0
85	Narayanganj		2.9	2.1	0 [5]
94	Barisal		2.9	2.1	0
72	Mymensingh		2.7	2 2	? [6]
77	Faridpur		3.4	2.8	0
79	Jessore		3.2	2.7	0
78	Calcutta	1.6	2.8	1.8	0
86	Saugor Island		2.3	1.7	? [7]
73	Krishnagur		3.9	3.3	0
71	Midnapore			(1.8?)	0
66	Bankura		3.3	2.1	0
63	Raniganj		4.3	2 6	0
68	Burdwan		3.9	3.1	0
60	Naya Dumka		3.8	2.6	0
48	Berhampore		2.8	2.6	0
45	Rampur Boalia		3.9	3.2	0
47	Bogra		4.4	3.5	0
59	Dinajpur			3.3	0 [8]
42	Rangpur		4.1	3.8	2 [9]
32	Purnea	2.4	5.6	3.8	? (<5) [10]
75	Balasore		4.6	3.9	0
90	False Point		2.9	2.5	0
81	Cuttack	1.5°	3.0	2.0	0
88	Pooree		2.3°	2.1°	0
	Mittel	1.9°	3.4°	2.7°	0

[1]) Im Beginn der Finsterniss Cu. [2]) In der ersten Hälfte der Finsterniss Cu2, dann klar. [3]) In der ersten Hälfte der Finsterniss Ci 2. [4]) In der ersten Hälfte der Finsterniss bisweilen Ci am Horizont. [5]) In der ersten Hälfte der Finsterniss Cu 1. [6]) Während der ersten Hälfte der Finsterniss A Cu, dann klar. [7]) Dunstig; Cu < 5. [8]) Im Beginn der Finsterniss (bis $1^h\ 6^m$) Ci 1. [9]) In der ersten Hälfte der Finsterniss 3, ab $2^h\ 19^m$ klar. [10]) $12^h\ 31^m$ —$1^h\ 16$ Cu, sonst klar.

Höhenstation:

Nr.	Name.	Abweichung mittlere °C.	Abweichung Maximal- °C.	Amplitude °C.	Bewölkung 0—10
27	Darjeeling			1.7°	9.5

5. Gangesebene und Chota Nagpur.

35	Hazaribagh	1.8°	3.6°	3.0°	0
36	Ranchi		2.8	2.2	0
54	Daltonganj		4.2	3.3	0
44	Chaibassa		3.8	2.9	0
25	Gaya		2.4	2.1	0
12	Dehri		3.6	2.7	0
16	Patna		3.6	2.3	0
7	Arrah		2.9	2.1	0
d	Dumraon			4.0	?0
2	Buxar		4.2	2 8	0
34	Bhagalpur		3.2	2.6	0
52	Darbhanga		4.4	3.2	0
10	Muzaffarpur	2.2	4.4	3.2	0
5	Motihari			(1.7?)	0
3	Chapra	1.9	4.2	3.2	0
11	Benares		4.5	3.4	0
21	Allahabad	1.8	3.6	2.6	0
53	Gorakhpur		3.7	2.5	0
40	Lucknow	1.7°	3.3	2.3	0
41	Bahraich		3.5	2.4	0
37	Cawnpore		3.5°	2.7	0
69	Mainpuri			2.6°	0
	Mittel	1.9°	3.7°	2.8°	0

Höhenstation:

17	Katmandu		3.8°	3.4°	? [1]

6. Nordwestliches Himalayagebiet (mit Vorland).

74	Bareilly		2.9°	2.8°	0
106	Dehra Dun		4.2	3.3	0
103	Roorkee	1.6°	3.2	1.6	0
100	Delhi		2.9	1.8	0
130	Lahore	1.1°	2.0°	1.2°	1—3

[1]) CuNi an verschiedenen Stellen des Himmels.

Nr.	Name	Abweichung mittlere °C.	Abweichung Maximal- °C.	Amplitude °C.	Bewölkung 0—10
110	Sirsa		2.2°	1.7°	? (Ci)
124	Ludhiana		2.3°	1.2	0
134	Sialkot			1.3	5
142	Rawalpindi			1.2°	9
	Mittel	1.4°	2.6°	1.8°	0—9

Höhenstationen:

117	Chakrata			2.9°	10
108	Mussooree		3.4°?	3.6?	0
95	Ranikhet		3 1	2.8	0
131	Leh			0.6	7
121	Simla		2.3°	1.6	0
141	Murree			0.6	8—10
146	Gilgit			0.7°	> 5
	Mittel		2.9°	1.8°	0—10

7. Industhal und Nordwest-Rajputana.

148	Peshawar			1.4°	7 – 9
139	Khushab			0.8	8—9
132	Montgomery			1.7	1—2
143	Dera Ismail Khan			2.3	7
135	Mooltan		2.6°	1.9	0
138	Jacobabad			1.2	7—9
127	Hyderabad (Sind)			2.8	2—5
129	Kurrachee	1.6°	3.1	2.7	1
111	Bickaneer		2.7°	0.7	0 [1]
107	Pachpadra			2.4°	> 5 [2]
	Mittel		2.8°	1.8°	0—9

Höhenstationen:

145	Cherat			(1°?)	> 5
149	Quetta			2.3	7
151	Chaman			1.4°	> 5
	Mittel			1.85°	> 5

[1]) ab $2^h\ 8^m$ Cu am Horizont.

[2]) In der zweiten Hälfte der Finsterniss Ci.

8. Ost-Rajputana, Centralindien und Gujarat.

Nr.	Name	Abweichung mittlere °C.	Abweichung Maximal- °C.	Amplitude °C.	Bewölkung 0—10
99	Sambhar		2.6°	2.3°	0
98	Ajmere		3.1	2.2	0
113	Deesa	1.8°	3.1	2.4	0
116	Bhuj		2.4	1.6	0
92	Rajkot		2.7	2.1	0
80	Veraval	2.3	3.0	3.6	0
38	Indore		3.7	2.9	0
65	Surat	2.1	4.2	3.0	0
51	Ahmedabad		2.7	1.8	0
50	Agra	2.4°	4.5°	3.2°	0
62	Jhansi			?	0
	Mittel	2.2°	3 2°	2.5°	0

Höhenstation:

97	Mount Abu			2.0°	0 [1]

9. Dekan.

26	Belgaum	2.4°	4.4°	2.8°	0
15	Sholapur	1.8	3.3	2.6	0
22	Poona	2.6	4.3	2 5	0
55	Bijapur	2.2	4.0	2.8	0
57	Malegaon			2.1	5 [2]
18	Ahmednagar		3.4	2.7	0
24	Buldana	2.0	4.0	3.2	0
13	Akola		3.8	2.6	0
9	Amraoti		3.6	2.7	0
30	Khandwa		4.1	3.6	0
29	Hoshangabad	2.0	4.2	3.1	0
4	Nagpur	2.1	4.6	3.3	0
6	„			3.4	0
28	Chanda		4.3	3.2	0
1	Seoni	2.0	4.1	3.0	0
14	Jubbulpore	2.1	5.0	3.8	0
56	Saugor		3.7	3.1	0
b	Ghunguti	3.5	7.4	4.8	0
c	Sahdol	2.2°	5.3	4.4	0
20	Sutna		3.8°	2.9°	0

[1]) bis 12^h 45 A Cu 2. [2]) Erste Hälfte der Finsterniss klar, dann 7—9.

Nr.	Name	Abweichung mittlere °C.	Abweichung Maximal- °C.	Amplitude °C.	Bewölkung 0—10
31	Raipur		3.2°	1.8°	0
43	Sambalpur		3.2	2.4	0
39	Secunderabad		3.6°	2.8°	0
	Mittel	2.3°	4.2°	3.0°	0
	Höhenstationen:				
19	Chikalda	1.8°	4.6°	3.9°	0
23	Pachmarhi	2.2°	4.6°	4.2°	0
	Mittel	2.0°	4.6°	4.1°	0
	10. Westküste.				
58	Bombay		2.4°	1.8°	0
8	Ratnagiri	2.3°	4.6	3.6	0
a	Viziadrug	1.0	1.9	3.1	0
33	Karwar	2.9	6.8	5.3	0
102	Cochin			2.9	5 [1]
89	Calicut	1.6	2.7	2 0	0 [2]
46	Mangalore	1.8°	3.0°	2.4°	0
	Mittel	1.9°	3.6°	3.0°	0
	11. Südindien.				
125	Pamban			1.3°?	> 5
123	Tinnevelly			1.2	10
120	Madura			2.1	9—10
104	Salem			2.5	8—10
115	Coimbatore			1.7	8—9
49	Mercara			(2.5?)	0 [3]
122	Negapatam			0.7	10
119	Cuddalore			0.8?	10
118	Trichinopoly			2.8	10
96	Nellore			2.3	8
84	Masulipatam		3.3°	3.3	0
82	Cuddapah			2.8°	3 [4]

[1]) In der ersten Hälfte der Finsterniss 1—2, dann steigend von 3—9.
[2]) ab $2^h\ 28^m$ A Cu 3. [3]) ab $1^h\ 48^m$ Ci Cu 1 nahe am Horizont.
[4]) In der ersten Hälfte 2, dann 4—5.

Nr.	Name	Abweichung mittlere °C.	Abweichung Maximal- °C.	Amplitude °C.	Bewölkung 0—10
67	Kurnool	1.7°	3.6°	3.4°	0
64	Bellary	1.5°	2.9	2.2	0
87	Cocanada			1.6	0 [1])
83	Gopalpur		2.8°	2.2°	0
	Mittel	1.6°	3.2°	2.1°	0—10
Höhenstation:					
114	Wellington			2.9°	9—10

Die folgende Tabelle stellt die Höhenstationen gesondert dar.

Nr. der meteorologischen Provinz	Nr.	Name	Abweichung mittlere °C.	Abweichung Maximal- °C.	Amplitude °C.	Bewölkung 0—10
2	137	Taunggyi		2.9°	2.8°	0
4	27	Darjeeling			1.7°	9.5
5	17	Katmandu		3.8	3.4°	?
6	117	Chakrata			2.9	10
	108	Mussooree		3.4	3.6	0
	95	Ranikhet		3.1	2 8	0
	131	Leh			0.6	7
	121	Simla		2.3 [2])	1.6	0
	141	Murree			0.6	8 – 10
	146	Gilgit			0.7 [3])	> 5
7	145	Cherat			(1.0?)	> 5
	149	Quetta			2.3	7
	151	Chaman			1.4 [4])	> 5
8	97	Mount Abu			2.0	0
9	19	Chikalda	1.8°	4.6	3.9	0
	23	Pachmarhi	2.2°	4.6°	4.2	0
11	114	Wellington			2.9°	9—10
		Mittel		3.5°	2.3°	0—10

Wenn wir aus Obigem versuchen, für ganz Indien das Mittel zu ziehen (ungerechnet die Höhenstationen), so ergiebt sich folgendes:

[1]) Im ersten Drittel der Finsterniss Cu 1. [2]) Durchschnitt für die Prov. 6 = 2.9°.
[3]) Durchschnitt für die Prov. 6 = 1.8°. [4]) Durchschnitt für die Prov. 7 = 1.85°.

Nr. und Name der meteorologischen Provinz	Abweichung mittlere °C.	Abweichung Maximal- °C.	Amplitude °C.	Bewölkung 0—10
1. Burma, Küste		2.4°	1.7°	< 5
2. Burma, Inneres		2.3	1.7	0
3. Assam	1.5°	3.0	2.5	0
4. Bengalen und Orissa	1.9	3.4	2.7	0
5. Gangesebene und Chota Nagpur	1.9	3.7	2.8	0
6. Nordwestliches Himalayagebiet	1.4 [1])	2.6 [1])	1.8 [2])	0—9
7. Industhal und Nordwest-Rajputana		2.8 [1])	1.8 [3])	0—9
8. Ost-Rajputana, Centralindien und Gujarat	2.2	3.2	2.5	0
9. Dekan	2.3	4.2	3.0	0
10. Westküste	1.9	3.6	3.0	0
11. Südindien	1.6° [1])	3.2° [1])	2.1° [4])	0—10
Mittel		3.1° [1])	2.3°	
(Mittel ohne 1. 2. 7.)	1.8° [1])	3.4	2.55	
Höhenstationen: Mittel		3.5°	2.2	0—10
Mittel der Provinzen mit überwiegender Bewölkung (6. 7. 11)			1.9°	0—10

Die Ergebnisse, die sich aus obigen Zahlen gewinnen lassen, sind im Allgemeinen folgende:

a) Die mittlere Abweichung.

Die mittlere Abweichung der thatsächlichen Temperatur von der als wahrscheinlich zu erwartenden betrug in Indien, ungerechnet die Höhenstationen, Burma und das Industhal, von denen sie nicht feststeht, 1.8° C. Den höchsten Werth unter den meteorologischen Provinzen Indiens erreichte sie im Dekan mit 2.3° C.; die höchsten lokalen Werthe wiesen Ghunguti

[1]) Das Mittel gilt nur für Orte mit unbewölktem Himmel, da für alle Orte mit nennenswerther Bewölkung (> 5) mittlere und Maximalabweichung nicht bekannt sind (Ausn. Katmandu? [17, Prov. 5]); cf. a. S. 373 [71].

[2]) Amplitude gerechnet ohne die Stationen mit Bew. 5 und > 5: 1.9°; Amplitude der Stationen mit Bew.: 1.25°.

[3]) Amplitude gerechnet ohne die Stationen mit Bew. 5 und > 5: 2.0°; Amplitude der Stationen mit Bew.: 1.4°.

[4]) Amplitude gerechnet ohne die Stationen mit Bew. 5 und > 5: 2.6°; Amplitude der Stationen mit Bew.: 1.7°.

im Dekan mit 3.5° C., Karwar an der SW-Küste mit 2.9° C. und Poona, gleichfalls im Dekan, mit 2.6° C. auf. Da diese Temperaturen nicht allzu spät nach dem Mittagsstand der Sonne und auf dem Lande beobachtet wurden, so dürften sie annähernd die höchsten Werthe darstellen, die unter und in der Nähe der Centralitätskurve überhaupt erreicht wurden. Wenn wir nach Verlauf von einigen Tagen und in weiter entfernt liegenden Gebieten Temperaturabweichungen von viel höherem Grade wahrnehmen[1]), so ist das zusammengenommen ein Resultat der grossen Ausdehnung des von einer Temperatur-Erniedrigung betroffenen Gebietes, des Kältetransportes durch die Luftbewegung und der daraus sich ergebenden Summationserscheinungen. Die Temperatur-Erniedrigung, die Indien erfahren hat, muss überwiegend in den Indischen Ocean (arabischen und bengalischen Meerbusen) geführt worden sein, entsprechend der Luftdruckvertheilung, die sich am 22. Januar herausgebildet hatte (hoher Druck im Innern und südlich des Hindukusch[2]), niedriger an der Indusmündung[3]) wie im arabischen und bengalischen Meerbusen[4]).

Die niedrigsten provinziellen Abweichungen, ungerechnet Burma und Industhal, finden wir im nw. Himalayagebiet (1.4° bei Bewölkung) und in Assam (1.5°, klarer Himmel); für Burma (mit klarem Himmel) hätte sich die Zahl, gemäss den übrigen Durchschnittszahlen, noch niedriger gestellt, als für die beiden ebengenannten Provinzen. Es zeigt sich also, dass, wenn man Burma mit dem nw. Himalayagebiet wegen der annähernd gleichen Entfernung, die beide von der Centralitätskurve haben, vergleicht, die mittlere Abweichung im nw. Himalayagebiet trotz bewölktem Himmel und der nördlicheren Lage doch noch grösser ist, als in Burma, was wohl nur mit der vorgeschritteneren Tageszeit in Burma zu erklären ist. Ein ähnliches Verhältniss besteht zwischen dem nördlichen Centralindien (mit Ost-Rajputana und Gujarat) und Südindien[5]). Auch hier ist in der nördlicheren Provinz der Ausschlag grösser als in der südlicheren (um 0.6° C.), ein Unterschied, der sich aus der continentaleren Lage und des Fehlens der Bewölkung in Centralindien erklärt, die in Südindien bis 10 ging.

[1]) s. o. S. 310 [8]. [2]) > 764.5 bez. 765.8 mm. [3]) < 763.3 mm.

[4]) 760.8 mm; s. Wetterkarte für Indien vom 23. I. 98, 8h vm. in den „Indian Daily Weather Reports“ (herausgegeben in Simla). [5]) Prov. 8 und 11.

Die niedrigsten örtlichen Abweichungen hatten Viziadrug (a) und Rangoon (150) bei klarem Himmel, beides Küstenstädte. Das Datum einer lokalen Beobachtung bei grösserer Bewölkung als 5 liegt nicht vor. Folgendes giebt die mittleren Abweichungen, die von Orten mit einiger Bewölkung zur Verfügung stehen:

		mittl. Abw.	Prov.-Mittel	Bewölkung
Prov. 4 (Bengalen und Orissa):	Chittagong (105)	2.0°	1.9°	1
	Purnea (32)	2.4	1.9	? (< 5)
Prov. 6 (Nw. Himalayagebiet):	Lahore (130)	1.1	1.4	1—3
Prov. 7 (Industhal u. NW-Rajputana):	Kurrachee (229)	1.6°	?	1

Einen bestimmten Schluss über den Einfluss der Bewölkung auf die mittlere Abweichung zu ziehen lässt diese Tabelle nicht zu.

Von den Höhenstationen sind uns nur zwei mittlere Abweichungen bekannt, beide von Orten im Dekan gelegen und bei wolkenlosem Himmel: Chikalda und Pachmarhi (19 und 23); ihr Durchschnitt liegt unter dem Durchschnitt der übrigen Provinz.

Der Werth der mittleren Abweichung ist natürlich in jedem Falle kleiner, als die Maximalabweichung (grösste Annäherung 2.3° : 3.0° in Veraval [80, Prov. 8]; grösste Entfernung 2.1° : 5.0° in Jubbulpore [14] im Dekan[1]). Die mittlere Abweichung ist auch in der Regel kleiner als die Amplitude[2]), jedoch geht sie meist nicht unter den halben Werth derselben[3]).

b) Die Maximalabweichung.

Die Maximalabweichung tritt im Laufe der Finsterniss meist nur einmal ein, und zwar nach der Ermittlung Eliots[4]) im Durchschnitt etwa 15 Minuten nach der grössten Phase. Sie hat also im Vergleich zur mittleren Abweichung für den Temperaturverlauf nur eine singuläre Bedeutung.

---

[1]) Andere Orte mit einem ähnlich hohen Abstand sind Karwar 2.9 : 6.8 (33, SW-Küste) und Purnea 2.4 : 5.6 (32, Bengalen).

[2]) Die mittlere Abweichung ist gleich der Amplitude in Roorkee (103, Himalayagebiet); grösser als sie (2.6 : 2.5) in Poona (32, Dekan).

[3]) Die mittlere Abweichung ist gleich der Hälfte der Amplitude in Chittagong (105, Orissa), Sahdol (c, Dekan) und Kurnool (67, Südindien); niedriger als die Hälfte in Chikalda (19, Höhenstation des Dekan) und Viziadrug (a, SW-Küste).

[4]) s. S. 327 [25] Anm. 3.

Die höchsten provinziellen Durchnittswerthe haben das Dekan mit 4.2°, die Gangesebene mit 3.7° und die Westküste mit 3.6° aufzuweisen, also die Gebiete, die von der Centralitätskurve durchschnitten wurden; die niedrigsten Burma (2.3°—2.4°), das auch hier wieder, wie bei der mittleren Abweichung, eine weniger grosse Abweichung zeigt, wie das nw. Himalayagebiet (2.6°). Wenn wir dagegen, wie bei der mittleren Abweichung, Gujarat, Centralindien und Ost-Rajputana (Prov. 8) mit Südindien (Prov. 11) in Parallele setzen, so sehen wir, dass in beiden die Maximalabweichung trotz des Lagenunterschiedes in ns. Richtung die gleiche ist (3.2°).

Die grössten lokalen Abweichungswerte zeigen uns Ghunguti (b) im Dekan (7.4°), Karwar (33) an der SW-Küste (6.8°) und Purnea (32) in Bengalen (5.6°), die niedrigsten (1.5° und 1.7°), Minbu (133) und Rangoon (150) in Burma, doch dürfte der niedrigste vermuthlich nicht über 1.2° gelegen haben[1]).

Wenn wir die durchschnittlichen Maximalabweichungen der Höhenstationen mit denen der zugehörigen Provinz, sowie die durchschnittlichen Maximalabweichungen der Höhenstationen provinzweise miteinander vergleichen, so erhalten wir folgendes Bild:

	Mittel der Höhenstation(en)	Mittel der Prov. ohne Höhenstationen
Prov. 2:	2.9°	2.3°
5:	3.8 (Stat. mit Bew.; Gr.?)	3.7 (o. Bew.)
6:	2.9	2.6
9:	4.6°	4.2°

Die Aufstellung zeigt deutlich das proportionelle Ansteigen des Mittels der Höhenstationen mit dem Mittel der zugehörigen Provinz. Die zwei Höhenstationen im Dekan, Chikalda (19) und Pachmarhi (23), weisen, wie das Mittel der Provinz überhaupt das höchste ist, so auch den höchsten Durchschnittswerth vor den Stationen anderer Provinzen auf (4.6°), dann folgt das Gangesgebiet mit 3.8° (1 Station), während Burma und das nw. Himalayagebiet sich gleich zu stehen scheinen und die niedrigsten Werthe haben (2.9°). — Die Tabelle zeigt auch, dass die Maximalabweichung auf den Höhenstationen im Durchschnitt immer grösser ist als in dem tiefer

[1]) s. S. 376 [74].

gelegenen Gebiet. Maximalabweichungen von Stationen mit grösserer Bewölkung sei es im Tiefland sei es in der Höhe liegen nicht vor.[1])

Dass die Maximalabweichung höher ist als die mittlere Abweichung, ist natürlich, in der Regel ist sie aber nicht höher, als die doppelte mittlere Abweichung[2]). Das grösste Verhältniss ($7^1/_7 : 3$)[3]) hat Jubbulpore (14) aufzuweisen. Auch ist die Maximalabweichung meist höher als die Amplitude[4]), jedoch nie höher als die doppelte Amplitude[5]).

c) Die Amplitude.

Die Amplitude ist die einzige Zahl, die von allen Stationen mit brauchbaren Beobachtungen ohne Ausnahme vorliegt und darum auch allein für alle Stationen die Möglichkeit eines durchgehenden Vergleichs an die Hand giebt, auch für solche, von denen mittlere und Maximal-Abweichung nicht bekannt sind, wie es zufälliger Weise bei allen Orten mit einer Bewölkung von 5 und > 5 der Fall ist.

Den niedrigsten provinziellen Mittelwerth hat die Amplitude, wie bereits die Maximalabweichung, in Burma (1.7°), in den höchsten Werth theilen sich die SW-Küste und der Dekan (3°), dann folgt die Gangesebene mit 2.8°. — Wenn wir einen Vergleich zwischen Burma und dem nw. Himalayagebiet ziehen wollen, unter Absehung von den Stationen mit Bewölkung im letzteren, so erhalten wir für Burma 1.7°, für das nw. Himalayagebiet 1.9°, also einen höheren Werth, wie wir es schon bei der mittleren und Maximal-Abweichung wahrnahmen. Der Vergleich zwischen Centralindien (einschl. Ost-Rajputana-Gujarat) und Süd-Indien ergiebt für ersteres eine Amplitude von 2.5°, für dieses, auch hier nur die unbewölkten Stationen gerechnet, 2.6°, während die Maximalabweichung bei beiden gleich, die mittlere in Centralindien um 0.6° höher war.

[1]) s. o. S. 372 [69] Anm. 1.

[2]) Die dreizehn Ausnahmen sind Station 61 (Prov. 3), 32 (Prov. 4), 3 (Prov. 5), 29. 4. 1. 14. b. c. 19. 23 (Prov. 9, die letzten beiden die Höhenstationen), 33 (Prov. 10) und 17 Prov. 17).

[3]) 5.0° : 2.1°. s. o. S. 373 [71] a. E.

[4]) Fünf Ausnahmen: Station 126 (Prov. 1), 105 (Prov. 4), 108 (Prov. 6, Höhenstation), 80 (Prov. 8) und a (Prov. 10).

[5]) Einzige Ausnahme Bickaneer (111) in West-Rajputana (Prov. 7); die Maximalabweichung ist gleich der doppelten Amplitude nur in Roorkee (106, nw. Himalayagebiet).

Die höchsten lokalen Werthe finden wir gleichfalls an der SW-Küste (Karwar mit 5.3°), dem Dekan (Ghunguti 4.8°, Sahdol 4.4°) und in der Gangesebene (Dumraon 4.0°), sämmtlich bei klarem Himmel. Die niedrigsten Werthe kommen fast allein auf Orte mit Bewölkung:

0.6° in Leh (131) und Murree (141), Höhenstationen mit Bewölkung;

0.7° in Gilgit (146), ebenfalls Höhenstation mit Bewölkung; die drei soeben genannten im nw. Himalayagebiet; — ferner in Bickaneer (111) im Indusgebiet, ohne Bewölkung; in Negapatam (122) in S-Indien, mit Bewölkung;

0.8° in Moulmein (152) in Burma, ohne Bewölkung; in Khushab (139) im Industhal, mit Bewölkung; in Cuddalore (119) in S-Indien, mit Bewölkung.

Die Maximalabweichung dürfte in diesen Orten 1.2°—1.6° nicht überstiegen haben[1]), sie ist aber (abgesehen von Bickaneer) von allen diesen Orten nicht bekannt.

Zur Ermittelung des Einflusses, den die Bewölkung (von 5 und > 5) auf die Amplitude haben kann, sind im Folgenden die Amplitudenmittel der Provinzen mitgetheilt a) für die Stationen ohne, b) für die Stationen mit Bewölkung. Die miteinander vergleichbaren unterstrichenen Werthe sind alsdann zusammengezählt, um in ihrem Gesammtwerth miteinander verglichen werden zu können. Zusammen mit den Provinzen sind auch ihre Höhenstationen (HS) nach derselben Weise behandelt.

	Amplitudenmittel	
	a) ohne Bew.	b) mit Bew.
Prov. 1 und 2:	1.7°	
HS	2.8	
Prov. 3:	2.5	
Prov. 4:	2.7	
HS		1.7°
Prov. 5:	2.8	
HS		3.4[2])
Prov. 6:	1.9°	1.25
HS	2.7	1.2°

[1]) s. S. 375 [73] oben und Anm. 5 ebenda. [2]) Grösse der Bewölkung fraglich.

	Amplitudenmittel a) ohne Bew.	b) mit Bew.
Prov. 7:	2.0°	1.4°
HS		1.85
Prov. 8:	2.5	
HS	2.0	
Prov. 9:	3.0	2.1
HS	4.1	
Prov. 10:	3.0	2.9
Prov. 11:	2.6°	1.7
HS		2.9°
	15.2°	10.55°

Die Zahlen ergeben, dass die Bewölkung im Stande ist, auf die Höhe der Amplitude im Durchschnitt um $^1/_3$ ihres Betrages hemmend einzuwirken. Dies ist das einzige Resultat, das sich über den Einfluss der Bewölkung auf die Finsterniss ergiebt.

Wenn wir uns provinzweise noch einmal den Ausschlag der Amplitude in der Ebene und auf den Höhenstationen übersichtlich vor Augen führen, so erhalten wir folgendes Bild:

a) bei unbewölktem Himmel.

	Amplitude der Ebene	der Höhenstation(en)
Prov. 1:	1.7°	2.8°
Prov. 5:	2.8	3.4
Prov. 6:	1.9	2.7
Prov. 8:	2.5	2.0
Prov. 9:	3.0°	4.1°
	11.9°	15.0°

b) bei bewölktem Himmel.

Prov. 6:	1.25°	1.2°
Prov. 7:	1.4	1.85
Prov. 11:	1.7°	2.9°
	4.4°	6.0°

Es zeigt sich hier, wie schon bei der Maximalabweichung, dass der Ausschlag der Amplitude auf den Höhenstationen kräftiger ist, als in der Ebene.

Der Werth der Amplitude ist, wie sich schon aus früher Gesagtem ergiebt[1]), in der Regel höher als die einfache mittlere Abweichung[2]), aber kleiner als deren Doppeltes[3]); andererseits ist er in der Regel kleiner als die Maximalabweichung[4]), jedoch nicht kleiner als die Hälfte derselben[5]).

---

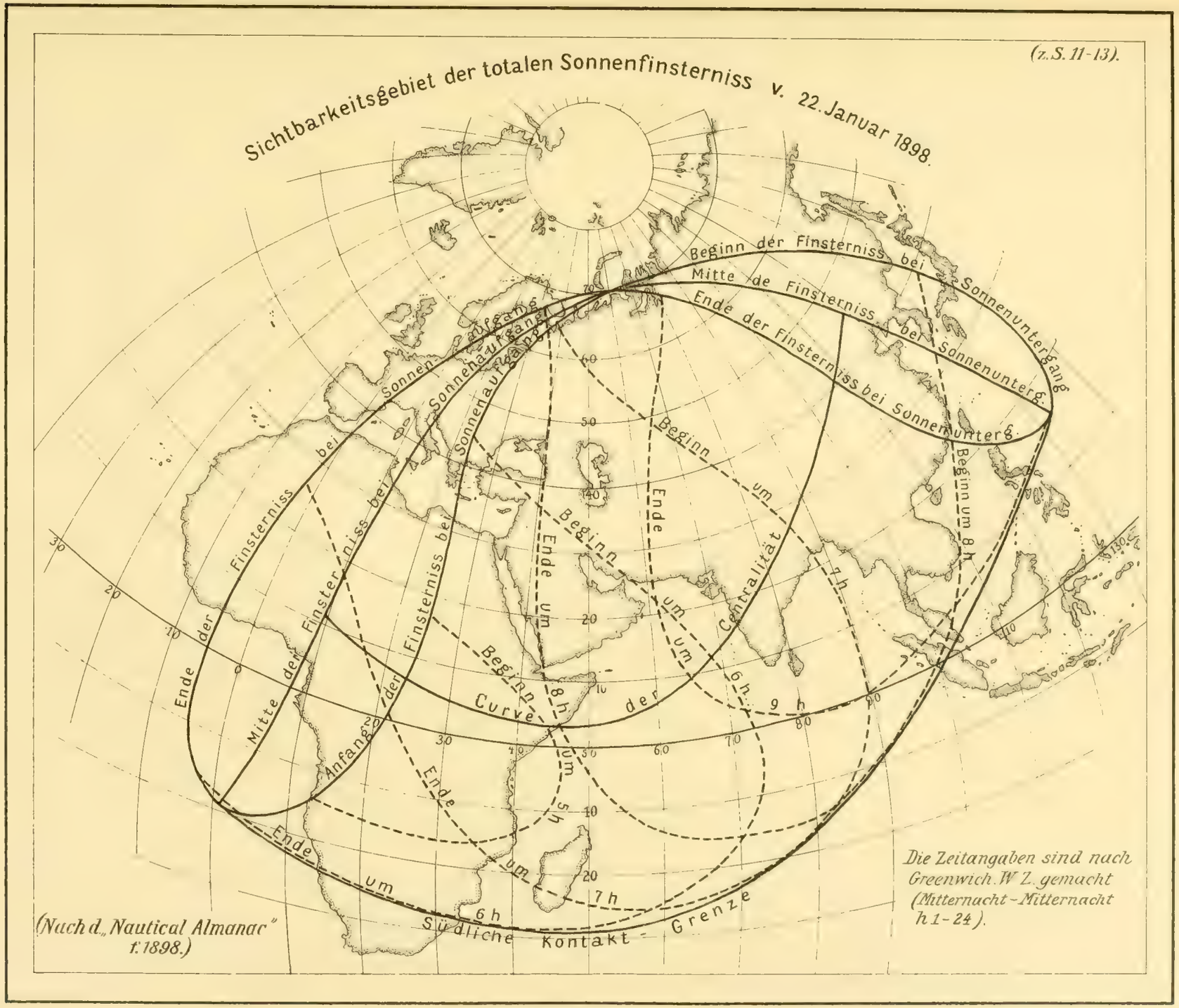
[1]) s. o. S. 373 [71] und S. 375 [73].

[2]) Ausnahme Poona (32, Dekan).

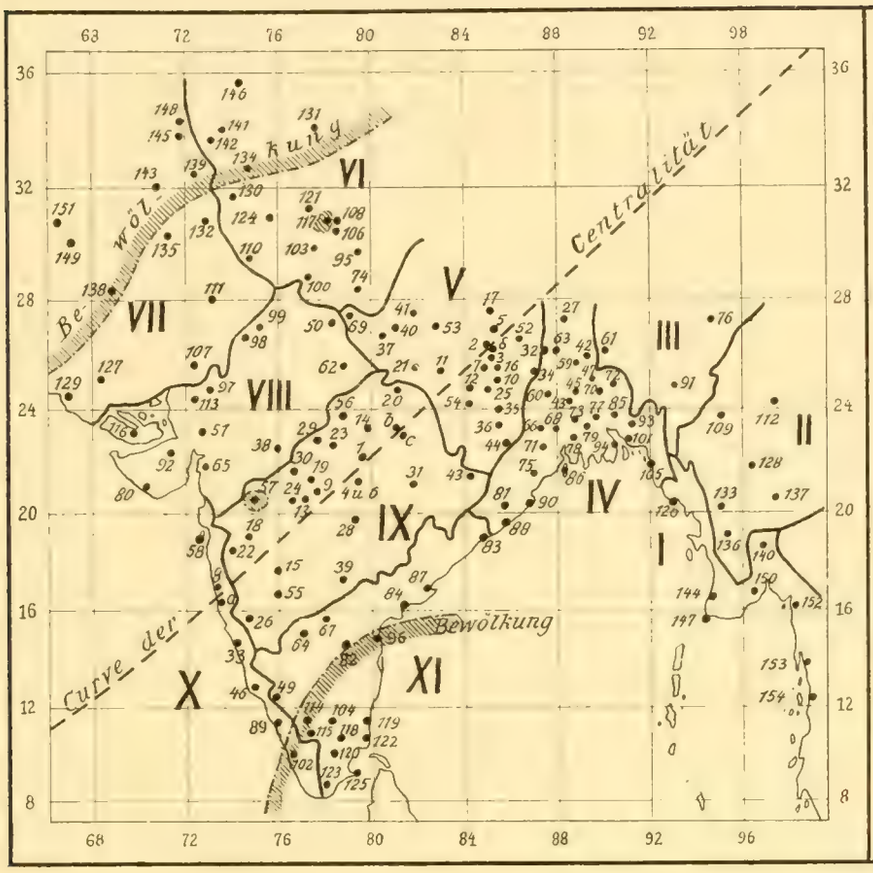
[3]) Ausnahmen Chikalda (19, Dekan) und Viziadrug (a, Westküste).

[4]) Fünf Ausnahmen s. o. S. 375 [73] Anm. 4.

[5]) Einzige Ausnahme Bickaneer (111) in West-Rajputana. s. S. 375 [73] Anm. 5.



G. Pietzmann: Beobachtungen der Lufttemperatur. Taf. 1.



INDIEN

m. Einzeichng. d. 158 Stationen, die für die Sonnenfinsterniss vom 22. Januar 1898 meteorolog. Beobachtungen geliefert haben.

Die Nummern und Buchstaben beziehen sich auf die S. 14-18 gegebene Aufzählung.

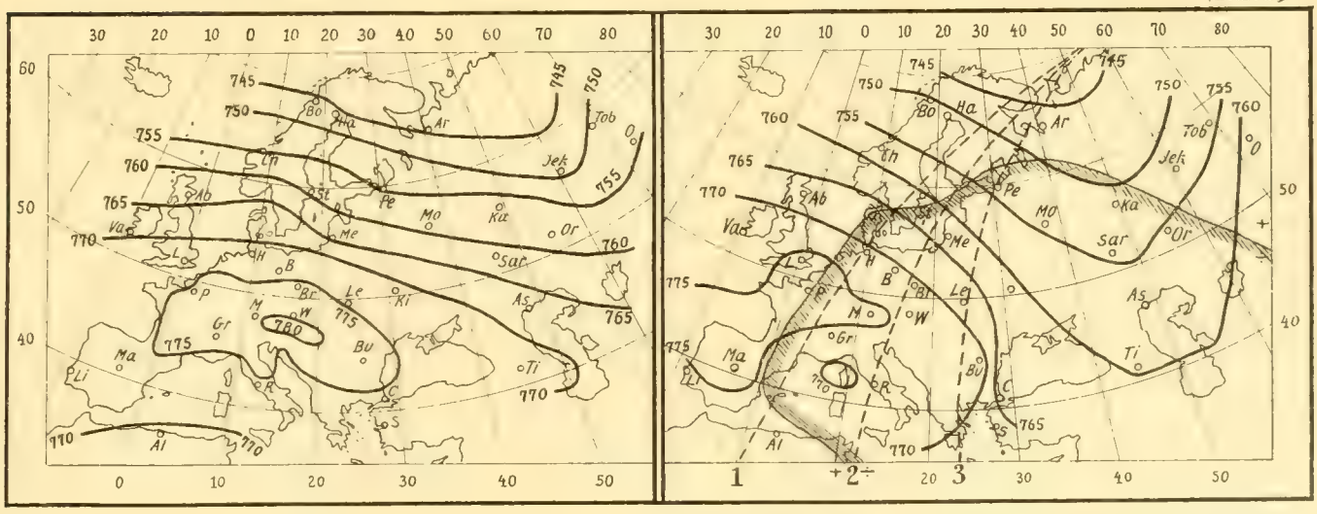
Die vollen Abgrenzungslinien (——) geben die 11 meteorologischen Provinzen Indiens an. (s. S. 62-68).

Grenze der Bewölkung von 5 und > 5.

Luftdruckverteilung in Europa (n. E. Less)

vom 16.-22. Januar 1898, *vom 23.-29. Januar 1898.*

(z. S. 9)



innerhalb des Schraffierten: Gebiet des gesunkenen Luftdrucks (bei durchschnittlich zunehmender Kälte)

Kurve {1, 2, 3} *bezeichnet* {Ende, Mitte, Anfang} *der Finsterniss bei Sonnenaufgang (22. Jan. 1898)*

G. Pietzmann: Beobachtungen der Lufttemperatur. Taf. 2.

3 2044 106 272 6

Folgende von der Akademie herausgegebene Bände der NOVA ACTA sind durch die Buchhandlung von Wilh. Engelmann in Leipzig zu beziehen:

| | | |